UORAS-III

14-15-16 MAYIS 2026

YOBÜ

III. ULUSLARARASI ORTA ANADOLU SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI

Bu Sempozyum Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından SBE-2026-2202 Nolu Proje Kapsamında Desteklenmiştir.

YOBÜ

III. ULUSLARARASI ORTA ANADOLU SEMPOZYUMU

"İKİZ DÖNÜŞÜM: ÇOK DİSİPLİNLİ YAKLAŞIMLARLA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTEN YAPAY ZEKÂYA UZANAN DİJİTAL YOLCULUK"

14-15-16 MAYIS 2026

BİLDİRİLER KİTABI
(ÖZET VE TAM METİN)

DÜZENLEYEN:

Yozgat Bozok Üniversitesi

Meslek Yüksekokulları Koordinatörlüğü

Bu Sempozyum Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından SBE-2026-2202 Nolu Proje Kapsamında Desteklenmiştir.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
MESLEK YÜKSEKOKULLARI KOORDİNATÖRLÜĞÜ YAYINLARI NO:3

E-ISBN
978-625-90814-0-3

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
MESLEK YÜKSEKOKULLARI KOORDİNATÖRLÜĞÜ

İLETİŞİM:
Erdoğan Akdağ Doğu Kampüsü Rektörlük Binası Atatürk Yolu 8. Km. 66900
Merkez/Yozgat
0(354) 212 10 74
meyok@bozok.edu.tr

EDİTÖRLER
Prof. Dr. Tansel HACIHASANOĞLU
Doç. Dr. Tuğba KILIÇ
Dr. Öğr. Üyesi Şule ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Aliya Mutallimova
Öğr. Gör. Alperen Timuçin SÖNMEZ
Öğr. Gör. Yeliz BULUT

KAPAK VE İÇ TASARIM
Öğr. Gör. Alperen Timuçin SÖNMEZ

Bu bildiriler kitabında yayımlanan içerik kullanımından doğabilecek sonuçlardan veya yanılgılardan sempozyum kurulları ve editörler sorumlu tutulamayacaklardır. İçeriklerde yer alan görüşler ve fikirler sempozyum kurulları ve editörlerin görüşlerini yansıtmaz. Makalelerin hukuki sorumluluğu yazarlara aittir. Bu kitabın her hakkı Yozgat Bozok Üniversitesi Rektörlüğü Meslek Yüksekokulları Koordinatörlüğü'ne aittir. Her hakkı saklıdır. İzin almaksızın kitabın herhangi bir bölümü veya tamamı elektronik ya da mekanik yöntemlerle (fotokopi dahil) hiçbir şekilde basılamaz ve çoğaltılamaz. İktibaslarda kaynak gösterimi zorunludur.

Copyright ©2026 Yozgat Bozok Üniversitesi Rektörlüğü Meslek Yüksekokulları Koordinatörlüğü

ONURSAL BAŞKAN
Prof. Dr. Evren YAŞAR
Yozgat Bozok Üniversitesi Rektörü

SEMPOZYUM BAŞKANI
Prof. Dr. Tansel HACIHASANOĞLU
Yozgat Bozok Üniversitesi Rektör Yardımcısı
MEYOK Koordinatörü

Düzenleme Kurulu

Prof. Dr. Veli AKEL	Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Prof. Dr. Ulvi ŞEKER	Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Prof. Dr. Sinan AKSÖZ	Pamukkale Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Prof. Dr. Yusuf ÇAY	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Prof. Dr. Serdar MERCAN	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Prof. Dr. Yusuf SERT	YOBÜ / Sorgun MYO Müdürü
Doç. Dr. Ramazan KURTOĞLU	YOBÜ / İİBF
Doç. Dr. Ramanuj KUMAR	KIIT Deemed to be University
Doç. Dr. Mohammad Rafighi	Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Doç. Dr. Gjelosh VATAJ	University of Applied Sciences in Ferizaj
Doç. Dr. Ahmet NİYAZOV	Azerbaycan İlahiyat Enstitüsü
Doç. Dr. Sevinç RUİNTAN	Bakü Devlet Üniversitesi
Doç. Dr. Radik GALİULLİN	Nabereinıvı Çelni Devlet Üniversitesi
Doç. Dr. Tuğba KILIÇ	YOBÜ / Ziraat Fakültesi
Dr. Feride ALLAHVERDİYEVA	Bakü Devlet Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Tekin GÜLER	YOBÜ / Çekerek Fuat OKTAY SHMYO Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Alperen ERDOĞAN	YOBÜ / Şefaatli MYO Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Zhyldyz OSMONOVA	Arabaev Kırgız Devlet Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Amany ELMESAIRY	El-Ezher Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Abdylla ORAZSAHEDOV	Fırat Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Aliya MUTALLİMOVA	YOBÜ/ ilahiyat Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Seyyid Ali ERTAŞ	YOBÜ / Yerköy MYO Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Abdulsamet DURAN	YOBÜ / Akdağmadeni MYO Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi DADAŞ MUTALLİM	YOBÜ/ ilahiyat Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Şule ARSLAN	YOBÜ / Hukuk Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÖRKEN	YOBÜ / Şefaatli MYO
Öğr. Gör. Alperen Timuçin SÖNMEZ	YOBÜ / UZEM Müdürü
Öğr. Gör. OĞUZHAN DANIŞ	YOBÜ/ Sorgun MYO
Öğr. Gör. AHMET ÜNLÜ	YOBÜ/ Yozgat MYO
Öğr. Gör. EMRE AYKAÇ	YOBÜ/ UZEM Müdür Yardımcısı

Editörler

Prof. Dr. Tansel HACIHASANOĞLU	YOBÜ / Rektör Yardımcısı
Doç. Dr. Tuğba KILIÇ	YOBÜ / Ziraat Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Şule ARSLAN	YOBÜ / Hukuk Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Aliya MUTALLİMOVA	YOBÜ/ ilahiyat Fakültesi
Öğr. Gör. Alperen Timuçin SÖNMEZ	YOBÜ / UZEM Müdürü
Öğr. Gör. Yeliz BULUT	YOBÜ / Sorgun MYO

Sempozyum Sekreteryası

Öğr. Gör. İhsan ÜSTÜNTAŞ	YOBÜ / Yerköy MYO
Öğr. Gör. Yeliz BULUT	YOBÜ / Sorgun MYO

Katkıda Bulunanlar

Hasan ÇELİK	YOBÜ / Kurumsal İletişim ve Protokol Müdürlüğü Şube Müdürü
İbrahim BAYRAKTAR	YOBÜ / Kurumsal İletişim ve Protokol Müdürlüğü
Yusuf ERDUGAN	YOBÜ / Kurumsal İletişim ve Protokol Müdürlüğü
Turan Kaan GÜR	YOBÜ-Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
Osman GÜLTEPE	YOBÜ-UZEM

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Alkan GÜNLÜ	Çankırı Karatekin Üniversitesi	Prof. Dr. Sinan AKSÖZ	Pamukkale Üniversitesi
Prof. Dr. Ayhan AKYOL	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi	Prof. Dr. Taner ERYILMAZ	Yozgat Bozok Üniversitesi
Prof. Dr. Burak ARICAK	Bursa Teknik Üniversitesi	Prof. Dr. Turgay DİNDAROĞLU	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT	Artvin Çoruh Üniversitesi	Prof. Dr. Uğur TEMİZ	Yozgat Bozok Üniversitesi
Prof. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN	Yozgat Bozok Üniversitesi	Prof. Dr. Veli AKEL	Erciyes Üniversitesi
Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE	Kayseri Üniversitesi	Prof. Dr. Volkan YILMAZ	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Ersin KOLAY	Yozgat Bozok Üniversitesi	Prof. Dr. Yusuf SERENGİL	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Esma UZUNHİSARCIKLI	Yozgat Bozok Üniversitesi	Prof. Dr. Hüseyin TEMİZ	Samsun Üniversitesi
Prof. Dr. Esma UZUNHİSARCIKLI	Yozgat Bozok Üniversitesi	Prof. Dr. Zafer YÜCESAN	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Fuat KÖKSAL	Yozgat Bozok Üniversitesi	Prof. Dr. Behzad AVİSHAN	Başkent Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan GÜL	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Prof. Dr. İbrahim DOĞAN	Yozgat Bozok Üniversitesi
Prof. Dr. İlhan GÜLLÜ	Nevşehir Hacı Bektaş Üniversitesi	Prof. Dr. Fatih ŞANTAŞ	Yozgat Bozok Üniversitesi
Prof. Dr. İsmet DAŞDEMİR	Bartın Üniversitesi	Prof. Dr. Mahmut AKIN	Yozgat Bozok Üniversitesi
Prof. Dr. Kenan GÜLLÜ	Erciyes Üniversitesi	Doç. Dr. Ahmet Gürkan YÜKSEK	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA	Yozgat Bozok Üniversitesi	Doç. Dr. Ali DURMUŞ	Kayseri Üniversitesi
Prof. Dr. Naci ŞAHİN	Yozgat Bozok Üniversitesi	Doç. Dr. Ali ULVİ	Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Nilüfer NEGİZ	Süleyman Demirel Üniversitesi	Doç. Dr. Arif Selim EREN	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. Nursel ÖKSÜZ	Yozgat Bozok Üniversitesi	Doç. Dr. Çağlar AKÇAY	Düzce Üniversitesi
Prof. Dr. Serkan AKKOYUN	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	Doç. Dr. Fatih ŞEN	Yozgat Bozok Üniversitesi

BİLİM KURULU

Doç. Dr. Fatma KILIÇ DOKAN	Kayseri Üniversitesi	Doç. Dr. Şuayip Doğuş DEMİRCİ	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Doç. Dr. Fatma KORKMAZ	Yozgat Bozok Üniversitesi	Doç. Dr. Uzay KARAHALİL	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Hacer SANCAKTAR	Yozgat Bozok Üniversitesi	Doç. Dr. Ümit ÇIRAKLI	Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Hüseyin MERTOL	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Doç. Dr. Yunis TORUN	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Doç. Dr. İlker KILIÇ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Doç. Dr. Zekiye KOCAKAYA	Kayseri Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Güvenç NEGİZ	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	Doç. Dr. Zuhal AKGÜN	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet KUTLU	Yozgat Bozok Üniversitesi	Doç. Dr. Reza AGHAZADEH	Türk Hava Kurumu Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK	Artvin Çoruh Üniversitesi	Dr.Öğr. Üyesi Medet İĞDE	Gaziantep Üniversitesi
Doç. Dr. Mohammed RAFİGHİ	Başkent Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi ALIYA MUTALLIMOVA	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Davut Erdem ŞAHİN	Akdeniz Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Aysun ŞEHİT	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Murat AY	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Doç. Dr. Musa Said DÖVEN	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Bekir ÖZKAN	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. Mücahit YILDIRIM	Samsun Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Esra Özge AYGÜL	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Nevran KARACA	Sakarya Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Fatma Merve NACAKCI	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Doç. Dr. Nuri BOZALİ	Karadeniz Teknik Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Gökçe AYDÖNER ÇOBAN	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Onur BATMAZ	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Gülfinaz ÖZOĞUL	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Rıfat KURBAN	Abdullah Gül Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Gülhan DENİZ	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Serpil SAVCI	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KAYA	Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Şemsinnur GÖÇER	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Güven DEMİRTAŞ	Yozgat Bozok Üniversitesi

BİLİM KURULU

Dr. Öğr. Üyesi Handan ADIBELLİ	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Polat ÖZYİĞİT	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İlkay BURAN	Karabük Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Raşit ACAR	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ertuğ YAVUZ	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Rukiye ÇAKMAK	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÖK	Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Sevgi KANSIZ	Samsun Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ünsal BARAK	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Tarık AKAN	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Metin YALVAÇ	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nahit YILMAZ	Necmettin Erbakan Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Türker KOZA	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nida KIYICI	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Zeki YILBAŞI	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nida PALABIYIK	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Paul STEVENSON	Northeastern University
Dr. Öğr. Üyesi Nigar ÖZÇETİN	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Raditya UTAMA	Florida State University
Dr. Öğr. Üyesi Nizamettin ERBAŞ	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Reza MOHAMMADİGHAREHBAGH	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nurdan DOĞRU ÇABUKER	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Sait ÜNAL	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nursel ÜSTÜNDAĞ ÖCAL	Yozgat Bozok Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Şahin BAYRAKTAR	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ÖZTÜRK	Kayseri Üniversitesi	Öğr. Gör. Dr. Duygu AÇIK	Yozgat Bozok Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Olcay Türkan YURDUGÜZEL	Yozgat Bozok Üniversitesi	Öğr. Gör. Dr. Murat ERTUĞRUL	Yozgat Bozok Üniversitesi

SPONSORLAR

ALKAN
İNŞAAT MÜHENDİSLİK

ASKON
ANADOLU ASLANLARI Ş ADAMLAR DERNEĞİ

İlhan KOÇAK
Umutlu Belediye Başkanı

TOPRAK
ARGE MÜHENDİSLİK SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

SEHAŞ inşaat
ticari değerler inşa eder

SAFA SORGUN THERMAL HOTEL
WELLNESS & SPA
★★★★★

GENÇASKON
ANADOLU ASLANLARI İŞADAMLARI DERNEĞİ GENÇLİK KURULU

Sunuş

Değerli Bilim İnsanları, Araştırmacılar ve Okurlar,

Yozgat Bozok Üniversitesi ev sahipliğinde 14–16 Mayıs 2026 tarihlerinde gerçekleştirdiğimiz III. Uluslararası Orta Anadolu Sempozyumu'nun bilimsel çalışmalarını bir araya getiren bu bildiriler kitabını akademik dünyaya sunmanın mutluluğunu ve gururunu yaşıyoruz.

Bu yıl sempozyumumuzun ana temasını "İkiz Dönüşüm: Çok Disiplinli Yaklaşımlarla Sürdürülebilirlikten Yapay Zekâya Uzanan Dijital Yolculuk" olarak belirledik. Günümüzde sürdürülebilirlik ve dijital dönüşüm, birbirinden bağımsız ilerleyen iki ayrı süreç olmaktan çıkarak ekonomik, toplumsal, çevresel ve teknolojik gelişmelerin ortak eksenini oluşturmaktadır. Yeşil dönüşümün ortaya koyduğu sorumluluklar ile yapay zekâ ve dijital teknolojilerin sunduğu imkânların birlikte değerlendirilmesi; daha dirençli, kapsayıcı, yenilikçi ve sürdürülebilir bir geleceğin inşa edilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. UORAS-III, bu iki dönüşüm alanını farklı disiplinlerin bilgi birikimi ve yöntemleriyle ele alan ortak bir bilimsel tartışma zemini oluşturmayı amaçlamıştır.
Erdoğan Akdağ Kongre ve Kültür Merkezi'nde gerçekleştirilen sempozyumumuz; yüz yüze ve çevrim içi oturumları bir arada barındıran yapısıyla farklı şehirlerden ve ülkelerden bilim insanlarını aynı akademik platformda buluşturmuştur. Dört farklı ülkeden, otuz farklı kurum ve üniversiteden araştırmacıların katkı sunduğu sempozyum kapsamında toplam 125 bildiri bilim dünyasıyla paylaşılmıştır. Bu yoğun ve nitelikli katılım, ele aldığımız temanın yalnızca belirli bir disiplinin değil; mühendislikten sağlık bilimlerine, eğitimden sosyal bilimlere, tarımdan ekonomiye, hukuk ve yönetim bilimlerinden sanat ve tasarıma kadar geniş bir akademik çevrenin ortak çalışma alanı olduğunu göstermiştir.

Sempozyum süresince sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm, dijital dönüşüm ve yapay zekâ, insan ve toplum, bölgesel kalkınma, tarım, turizm, ekonomi, mühendislik, teknoloji, sağlık, yaşam bilimleri, eğitim, sanat, tasarım, kültür, hukuk ve kamu politikaları gibi çok farklı alanlarda özgün çalışmalar sunulmuştur. Bildirilerde yalnızca mevcut sorunların tespit edilmesiyle yetinilmemiş; çözüm önerileri, yeni yöntemler, uygulama örnekleri ve geleceğe yönelik araştırma yaklaşımları da tartışmaya açılmıştır. Böylece UORAS-III, bilginin paylaşılmasının yanında yeni araştırma ortaklıklarının ve disiplinler arası iş birliklerinin geliştirilmesine de zemin hazırlamıştır.

UORAS-III kapsamında TÜBİTAK 2209-A ve 2209-B öğrenci projelerine özel bir oturum düzenlenmesi de sempozyumumuzun önem verdiği hususlardan biri olmuştur. Öğrencilerimizin danışmanlarıyla birlikte yürüttükleri araştırmaları akademik bir ortamda sunmaları; bilimsel iletişim becerilerini geliştirmeleri, çalışmalarına ilişkin geri bildirim almaları ve araştırma kültürünün bir parçası hâline gelmeleri bakımından son derece kıymetlidir. Genç araştırmacıların bilimsel üretim süreçlerine aktif biçimde katılmalarını, üniversitelerimizin ve ülkemizin bilimsel geleceği açısından önemli bir kazanım olarak değerlendiriyoruz.

Elinizde bulunan bu kitap, sempozyum kapsamında sunulan ve bilimsel değerlendirme süreçlerinden geçen çalışmaların kalıcı bir akademik çıktısıdır. Kitapta yer alan her çalışma, kendi disiplininin kavram, yöntem ve yaklaşımlarından hareket etmekle birlikte ikiz dönüşümün farklı boyutlarının anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle bildiriler kitabımızın araştırmacılar, öğrenciler, uygulayıcılar, karar vericiler ve konuya ilgi duyan bütün okurlar için yararlı bir başvuru kaynağı olacağına inanıyorum.

Sempozyumumuzun gerçekleştirilmesine verdikleri desteklerden dolayı başta Yozgat Bozok Üniversitesi Rektörümüz ve Sempozyum Onursal Başkanımız Prof. Dr. Evren Yaşar olmak üzere; düzenleme, yürütme ve bilim kurullarımızın değerli üyelerine, editörlerimize, hakemlerimize, oturum başkanlarımıza, sempozyum sekreteryamıza, teknik ve idari destek sağlayan çalışma arkadaşlarımıza teşekkür ediyorum.

Bilgi, birikim ve araştırmalarıyla sempozyumumuza değer katan bütün akademisyenlere, araştırmacılara ve öğrencilerimize; oturumlarımızı ilgiyle takip ederek bilimsel tartışmalara katkıda bulunan tüm katılımcılara ayrıca şükranlarımı sunuyorum. Bu kitabın ortaya çıkmasında emeği bulunan yazarlarımıza, hakemlerimize ve editörlerimize özverili çalışmalarından dolayı teşekkür ediyorum.
III. Uluslararası Orta Anadolu Sempozyumu Bildiriler Kitabı'nın yeni araştırmalara ilham vermesini, disiplinler arası çalışmaların gelişmesine katkı sunmasını ve sürdürülebilir, dijital ve insan odaklı bir geleceğin oluşturulmasına yönelik bilimsel çabalara ışık tutmasını temenni ediyorum.

Bilimin birleştirici gücüyle daha güçlü iş birliklerinde ve yeni bilimsel buluşmalarda bir araya gelmek dileğiyle, kitabımızın bilim dünyasına hayırlı ve yararlı olmasını diliyorum.

Prof. Dr. Tansel HACIHASANOĞLU
Sempozyum Başkanı

İÇİNDEKİLER

ÖZET BİLDİRİLER **10**

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL KAMPÜS SÖYLEMLERİ BAĞLAMINDA ÜNİVERSİTE KAMPÜSLERİNDE HAYVAN BAKIMI **11**
Prof. Dr. Esra GEDİK

KÜLTÜREL İŞARETTEN ÇAĞDAŞ İMGEYE: GÖRSEL DİLİN YENİDEN KURULMASI **13**
Ahsen ÖZGÜL

DİJİTAL EĞLENCE ENDÜSTRİSİNDE STRATEJİK PLANLAMA VE REKABET AVANTAJI: STEAM VE GOG PLATFORMLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ **15**
Nursami KARAÇAM
Dr. Öğr. Üyesi OYA ÖNALAN

KRONOTERAPİNİN KLİNİK UYGULAMALARDAKİ ETKİNLİĞİ VE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TEDAVİYE KATKISI **17**
Öğr. Gör. Ziya Canberk ÖZTÜRK
Öğr. Gör. Hatice Beyza BAŞKAL DOĞANER
Doç. Dr. Gökhan Doğukan AKARSU

GLUTATYONUN TERAPÖTİK KULLANIMI VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ **19**
Hatice Beyza BAŞKAL DOĞANER
Ziya Canberk ÖZTÜRK
Gökhan Doğukan AKARSU

DİJİTAL BÖLÜNME VE DİJİTAL VATANDAŞLIK BAĞLAMINDA YAŞLI BİREYLERİN E-DEVLET VE E-SAĞLIK HİZMETLERİNE ERİŞİMİ **21**
İbrahim YILDIZ

3B BASKI (FFF) YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ AHŞAP KATKILI PLA KOMPOZİTLERDE YÜKLEME YÖNÜNÜN EĞİLME DAVRANIŞINA ETKİSİ **23**
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KILIÇ
Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU
Doç. Dr. İlkay ATAR
Öğr. Gör. Hüseyin HARMANCI

BRENT PETROL FİYATLARI İLE ÜRETİCİ FİYAT ENDEKSİ ARASINDAKİ KISA DÖNEMLİ DİNAMİK İLİŞKİ: VAR MODELİ VE GRANGER NEDENSELLİK ANALİZİ **25**
Serdar GÜCÜM
Bayram KAYANTAŞ Dr. Öğr. Üyesi Bilal ÖZEL

KURUMSAL İLETİŞİMDE İKİZ DÖNÜŞÜMÜN TEMSİLİ: ARÇELİK VE VESTEL ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ **27**
Doç. Dr. Betül ÇEPNİ ŞENER

YEŞİL VE DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN TOPLUMSAL ALGISI: EKŞİ SÖZLÜK ÖRNEĞİ **29**
Dr. Öğr. Üyesi Mürüvvet ÇIKIN

ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ODAKLI PROJE TABANLI ÖĞRENME: İKİZ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİ **31**
İbrahim YILDIZ
Akın KILINÇ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAĞLAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR VE DİRENÇLİ KENTLER İÇİN GRİ SU ARITMA SİSTEMLERİNİN ÖNEMİ **33**
Ahmet GEMİCİ
Prof. Dr. Serpil SAVCI

bc **SPEKTRUMUNUN VMC VE MAKİNE ÖĞRENİMİ ANALİZİ** **35**
Dr. Öğr. Üyesi Tarık AKAN

P-MEZON İÇİN QCD TOPLAM KURALI ANALİZİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE DESTEKLENMESİ **37**
Dr. Öğr. Üyesi Tarık AKAN
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali OLPAK

ÖZEL GÜVENLİK GÖREVLİLERİNİN EĞİTİM DÜZEYİ SORUNSALI: ÖN LİSANS MEZUNİYETİ VE KURS TEMELLİ SERTİFİKASYON SİSTEMİNİN MESLEKİ YETERLİLİKTE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ 39
Öğr. Gör. Yeliz BULUT
Öğr. Gör. Fatih TAŞTAN
Öğr. Gör. Güldal DOLU

AKILLI OTOMASYON ÜZERİNE 43
Dr. Öğr. Üyesi Kübra İpek Özek

DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKNOLOJİ YOL HARİTASI ÜZERİNE 45
Dr. Öğr. Üyesi Kübra İpek Özek

TBDY 2018 KAPSAMINDA STA4CAD KULLANILARAK SİSMİK İZOLASYONLU BETONARME YAPILARIN PERFORMANSININ ANALİZİ 47
Öğr. Gör. Abdullah Kadir MENGE
Öğr. Gör. Musa YILMAZ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TARTIŞMALARI BAĞLAMINDA İNSAN-DOĞA İLİŞKİSİNİN YENİDEN DÜŞÜNÜLMESİ: DERİN EKOLOJİ YAKLAŞIMI 49
Demet Erken Taşoğlan

GIDALARIN KURUTULMASI VE UYGULANAN YÖNTEMLER: GÜVENLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK 51
Dr. Öğr. Üyesi Burçin YILMAZ

KÜRESEL ÖLÇEKTE ÜLKELERİN PETROL ÜRETİM VE TÜKETİMİNİN BOOTSTRAP YÖNTEMİ İLE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ 52
Öğr. Gör. Nevfel Yunus COŞKUN
Prof. Dr. Ersin KANTAR

TÜRKİYE'NİN KARADENİZ BÖLGESİ İLLERİNİN AZOTOKSİT EMİSYONLARININ BOOTSTRAP METODUYLA İNCELENMESİ 54
Öğr. Gör. Nevfel Yunus COŞKUN

ORTOGNATİK CERRAHİ SONRASI HAVA YOLU VE FİZYOLOJİK ADAPTASYONLARIN YAPAY ZEKÂ İLE ÖNGÖRÜLMESİ: SÜRDÜRÜLEBİLİR DİJİTAL CERRAHİYE YÖNELİK BİR NARRATİF DERLEME 56
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe BULUT
Prof. Dr. Ömer Engin BULUT

ÜRETEN KADINLAR VE DÖNÜŞEN ARAÇLAR: DİJİTAL İLLÜSTRASYONDA HİBRİT YARATICILIK SÜREÇLERİ 58
Dr. Öğr. Üyesi Sofya Cihan CANBOLAT
Doç Dr. Elif TARLAKAZAN

ÖLÜMSÜZLÜK ALGORİTMALARI: DEADBOT'LAR VE TOPLUMSAL YASIN DİJİTALLEŞMESİ ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME 60
Dr. Eyyüp AKYÜZ

DİJİTAL FEODALİZMİN YÜKSELİŞİ: VERİ SERFLERİ, ALGORİTMİK LORDLAR VE YENİDEN ÜRETİLEN TOPLUMSAL EŞİTSİZLİKLER ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME 62
Dr. Eyyüp AKYÜZ

ENDODONTİK TEDAVİ SÜREÇLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ OPTİMİZASYON YAKLAŞIMLARI 64
Dr. Öğr. Üyesi Işınsu ATALAY

YARATICI ÜRETİMDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ GÖRSELLEŞTİRME: OYUN, ANİMASYON VE GÖRSEL EFEKT ALANLARINDA HİBRİT YAKLAŞIM 66
Öğr. Gör. Berk SAVİ
Prof. Dr. Serkan İLDEN

RESTORASYON UYGULAMALARINDA ÖZGÜNLÜK VE MÜDAHALE DENGESİ: KÜTAHYA-TAVŞANLI TARİHİ ADA (ADRANOS) KÖPRÜSÜ ÖRNEĞİ 68
Öğr. Gör. Esra AKMAN
Doç. Dr. Arife Deniz OKTAÇ BEYCAN

TÜRKİYE'NİN ORTA ANADOLU BÖLGESİ MERKEZLİ BİST ŞİRKETLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK RAPORLAMA SIKLIĞININ İNCELENMESİ 70
Dr. Öğr. Üyesi Bekir KAYA

KURUMLARDA DİJİTAL DÖNÜŞÜME DİRENCİN ARKASINDAKİ İNSAN FAKTÖRÜ: YARI YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞMELERLE BİR ALAN ARAŞTIRMASI 72
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih KANOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Saltuk DURAK

SAĞLIK KURUMLARINDA DİJİTALLEŞMENİN YÖNETİM SÜREÇLERİNE ETKİSİ: YÖNETİCİ GÖRÜŞLERİ ÜZERİNDEN NİTEL BİR İNCELEME 74
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih KANOĞLU
Öğr. Gör. Hasan Saltuk DURAK

MİMARİ RESTORASYONDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİ: TARİHÎ AVANOS KÖPRÜSÜ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME 76
Öğr. Gör. Esra AKMAN
Doç. Dr. Arife Deniz OKTAÇ BEYCAN

ALGORİTMİK ADALETSİZLİK KONUSUNUN ONLİNE SİPARİŞLER ÜZERİNE MEDYA ANALİZİ 78
Mikail UYKUN

BİTKİSEL ÜRETİMDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: YAPAY ZEKÂ, OTOMASYON VE ROBOTİK UYGULAMALARINDAKİ KÜRESEL EĞİLİMLER VE YENİLİKLER 80
Dr. Öğr. Üyesi Gülfinaz ÖZOĞUL

TÜRKİYE'DE GÜMRÜK VE DIŞ TİCARET İŞLEMLERİNİN DİJİTALLEŞMESİ: HUKUKİ BOYUTU VE EKONOMİK ETKİLERİ 82
Hasan CEYHAN

TÜRKİYE'DE TARIMSAL İSTİHDAMIN BELİRLEYİCİLERİ: DİJİTALLEŞME, EKONOMİK BÜYÜME VE DÖVİZ KURUNUN ETKİLERİ ÜZERİNE AUGMENTED ARDL (A-ARDL) YAKLAŞIMI0* 86
Bayram KAYANTAŞ
Öğr. Gör. Muhammet Kerem GÜNEŞ
Doç. Dr. Mücahit ÇAYIN

SÜRDÜRÜLEBİLİR KUANTUM ÇAĞI: GELECEĞİ HESAPLAMAK 88
Doç.. Dr. Durgun DURAN

3B BASKI (FFF) İLE ÜRETİLMİŞ AHŞAP KATKILI PLA KOMPOZİTLERDE DOLGU DESENİNİN DARBE PERFORMANSINA ETKİSİ 90
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KILIÇ

DENETİMDE YAPAY ZEKÂ VE SÜREKLİ DENETİM: RİSK ANALİZİNDE YENİ BİR DÖNEM 92
Öğr. Gör. Oğuzhan DANIŞ
Dr. Öğr. Üyesi Nurettin ÖZDEMİR
Öğr. Gör. Ahmet ÜNLÜ

YAPAY ZEKÂ TABANLI YAKLAŞIMLARIN PARÇACIK FİZİĞİ ANALİZLERİNDEKİ ROLÜ: HADRON KÜTLE VE GENİŞLİK TAHMİNİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA 95
Dr. Öğr. Üyesi Metin YALVAÇ

ENDÜSTRİYEL DÖNÜŞÜMDEN DİJİTAL DÖNÜŞÜME: İKİLİ GEÇİŞ ÇERÇEVESİNDE DICKENS VE GASKELL'DA ÇEVRESEL VE SOSYAL YANSIMALAR 97
Gülten AKGÜL
İsmail BACAKSIZ
Özcan ÇELİK
Yusuf ÖZKURT

FRANKENSTEIN'DAN YAPAY ZEKÂYA: ALGORİTMALAR ÇAĞINDA İNSAN EYLEMİNİ YENİDEN HAYAL ETMEK 100
Gülten AKGÜL
Emre YONAR
İsmail GÜVEN
Can Görkem KARAYEL
Ersan AKARSU

METİNDEN 3D MODEL ÜRETEN (TEXT-TO-3D) YAPAY ZEKÂ ARAÇLARININ MİMARLIK ALANINDAKİ KULLANIMI 102
İlayda ŞAHİNER
Dr. Öğr. Üyesi Sadakat Safiyye MUMCUOĞLU TÜRKER

DİJİTALLEŞMENİN BİREY ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİLERİNİN ÇOK BOYUTLU BİR İNCELEMESİ: BAĞIMLILIK, DIŞLANMA VE YABANCILAŞMA 104
Öğr. Gör. Sibel DUYGULU
Öğr. Gör. Mert SOĞUKOLUK
Öğr. Gör. Yeliz BULUT

YAPAY ZEKÂ AJANLARININ B2B İŞLETMELERE YÖNELİK HEDEFLİ REKLAMCILIKTA KULLANIMI: GOOGLE MAPS ÖRNEĞİ..... 106
Dr. Öğr. Üyesi Tolkun SOLDAN

GÖRSELDEN 3D MODEL ÜRETEN (IMAGE-TO-3D) YAPAY ZEKÂ SİSTEMLERİNİN BİNA MODELLEMESİNDE KULLANIMI 108
İlayda ŞAHİNER
Dr. Öğr. Üyesi Sadakat Safiyye MUMCUOĞLU TÜRKER
Öğr. Gör. Adem KABADAYI

İSLAM MEDENİYETİNDE BİLGİ EKOSİSTEMİNDEN DİJİTAL BİLGİ EKOSİSTEMİNE: İKİZ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİ..... 110
Dr. Öğr. Üyesi Dadaş MUTALLİM

NOMOFOBİ: ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNDE BİR İNCELEME 112
Sena YILMAZ
Merve YILMAZ
Doç. Dr. Ayhan DURMUŞ

SAĞLIK YÖNETİCİLERİNİN PERSPEKTİFİNDEN TEKNOLOJİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL HASTANE UYGULAMALARI: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİNDE NİTEL BİR İÇERİK ANALİZİ 114
Şebnem GÜRBÜZ
Merve ASLAN
Emine GÜNGÖR
Doç. Dr. Ayhan DURMUŞ

DİJİTALLEŞME BAĞLAMINDA ALLOSTATİK YÜK VE DOLAYLI EKONOMİK SONUÇLAR: TÜKENMİŞLİK VE İŞTEN AYRILMA NİYETİ ÜZERİNE META-ANALİTİK BİR DEĞERLENDİRME 116
Öğr.Gör.Esra AKAY
Arş. Gör. İsmail Kutad İMAMOĞLU

KÜLTÜREL MİRASTA DİJİTAL HAFIZA İNŞASI: VAKIFLAR ARŞİVİ VE GÜNCEL ALAN VERİLERİ IŞIĞINDA YOZGAT İL MERKEZİNDEKİ MİHRAPLARIN DEĞİŞİM SÜRECİ 118
Dr. Öğr. Üyesi Adem SEVİM

SAĞLIK HİZMETLERİNDE YAPAY ZEKÂ VE ROBOTİK TEKNOLOJİLERE YÖNELİK KORKU, GÜVEN VE FAYDA ALGILARININ KUŞAKLAR ARASI İNCELENMESİ..... 119
Efekan DURDURUR

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ'NDE ÇALIŞAN HEMŞİRELERİN SÜRDÜRÜLEBİLİR BESLENMEYE YÖNELİK DAVRANIŞLARININ, E-SAĞLIKLI BESLENME OKURYAZARLIKLARININ VE HEMŞİRELER İÇİN YAPAY ZEKÂ TUTUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ..... 121
Meryem Gözde KOÇAK
Prof. Dr. Vugar Ali TÜRKSOY

HUMORAL TEORİNİN MODERN BİR YORUMU: YAPAY ZEKAYI, BESLENMEYİ VE SOSYAL BELİRLEYİCİLERİ DİJİTAL SAĞLIKTA BÜTÜNLEŞTİREN KAVRAMSAL BİR MODEL..... 123
Mücahit KOÇAK
Meryem Gözde KOÇAK
Prof. Dr. Vugar Ali TÜRKSOY

DİJİTAL BAHAR TEMİZLİĞİ: DİJİTAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SİBER HİJYEN EKSENİNDE DİJİTAL ATIK AZALTIMI İLE VERİ MİNİMİZASYONU İÇİN BÜTÜNCÜL BİR FARKINDALIK MODELİ..... 125
Öğr. Gör. Melik Can KARABULAK
Öğr. Gör. Mehmet EL
Prof. Dr. Ebubekir Koçak

ADLİ BİLİMLERDE DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİLERİ: OLAY YERİ DOKÜMANTASYONUNDA YENİ BİR PARADİGMA 127
Dr. Öğr. Üyesi Zafer BOZYER

KARBONIK ANHIDRAZ II'YI HEDEFLEYEN BIR TRIAZOLOPIRIMIDIN SÜLFONAMIDIN DFT TABANLI YAPISAL VE MOLEKÜLER KENETLENME ANALIZI 129
Yusuf SERT

Z KUŞAĞI TÜKETİCİLERİ İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR TÜKETİM BİLİNCİ: SOSYAL MEDYANIN ROLÜ VE ETKİLERİ 131
Öğr. Gör. Alperen Timuçin SÖNMEZ

KÜLTÜREL MİRASIN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TASARIM SÜREÇLERİYLE DERİ SANATINA AKTARILMASI 133
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KARTAL

GRAFEN ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR YÜZEYİN DE PH KONTROLLÜ HİDROTERMAL ZNO NANOPARÇACIK OLUŞUMUNUN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ 135
Dr. Öğr. Üyesi Merve EREN YAKIŞIKLIER

DİJİTAL PLATFORMLARIN MÜZİK ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR İNCELEME 137
Prof. Dr. Sıtkı AKARSU

DİJİTAL TÜKETİCİ DAVRANIŞLARINI ANLAMAK: MÜŞTERİNİN DİJİTAL İKİZİ (DToC) VE UYGULAMALARI 139
Dr. Öğr. Üyesi Pınar HACIHASANOĞLU

DİJİTAL ÇAĞDA AVRUPA'NIN İSLAM ALGISI: YAPAY ZEKA, MEDYA VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPLUMSAL UYUM 141
Dr. Öğr. Üyesi Farida Allahverdiyeva

UZAKTAN SAĞLIK HİZMETLERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK TUTUMLARIN İNCELENMESİ: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİ 143
Şevval KAPDAN
Tuğba KIZILTAŞ
Doç. Dr. Ayhan DURMUŞ

TAM METİN BİLDİRİLER 145

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DİL ÖĞRENİMİ: FIRSATLAR, SINIRLILIKLAR VE PEDAGOJİK DÖNÜŞÜM 146
Onur YILDIZ

BİREYSEL SORUMLULUKTAN KOLEKTİF FAİLLİĞE: YAPAY ZEKÂ ETİĞİNDE DÖNÜŞEN ETİK PARADİGMALAR 154
Arş. Gör. Esma Aygün YAKIN

SPOR TAHKİMİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: ÇEVRİM İÇİ YARGILAMA, YAPAY ZEKÂ VE ADİL YARGILANMA HAKKI 161
Dr. Öğr. Üyesi Tolga HANAYOĞLU

DİJİTAL DÖNÜŞÜM KISKACINDA SPOR HUKUKU: E-SPOR, YAPAY ZEKÂ AKTÖRLERİ VE 'DEPLOYER' SORUMLULUK REJİMİ 169
Dr. Öğr. Üyesi Tolga HANAYOĞLU

DİJİTALLEŞMENİN AİLE İÇİ İLETİŞİM KÜLTÜRÜ VE AİLE DEĞERLERİNİN AKTARIMINDAKİ ROLÜ 176
Fatma Nur GÜRLER
Doç. Dr. Hülya ÇAKIR

OSMANLI DEVLETİ'NDE VAKIFLARIN SÜRDÜRÜLEBİRLİĞİ: EVKĀF-I MÜLHAKA SİSTEMİ VE MİMARİ ESERLERE KATKILARINA DAİR RODOS İBRAHİM PAŞA VE SELANİK AYASOFYA CAMİLERİ ÖRNEĞİ 185
Arş. Gör. Emre KARADAVUT

ОТ ПАСТУШЬЕГО САЛАТА ДО «РУССКОГО»: ГАСТРОНОМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ СТЕРЕОТИПОВ (НА ПРИМЕРЕ САЛАТОВ В ТУРЕЦКОЙ, РУССКОЙ И ТАТАРСКОЙ КУХНЯХ) 194
Doç Dr. Alina S.Gaynutdinova

TÜRKİYE VE TATARİSTAN'DAKİ ANIT AĞAÇLAR: KÜLTÜREL MİRAS, KORUMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK 204
Doç Dr. Alina S.Gaynutdinova

İKİZ DÖNÜŞÜM VE ADLİ MUHASEBE PERSPEKTİFİNDEN KAMU İHALELERİ: BİR VAKA ANALİZİ 211
Dr. Yasin Reyhan

EĞİTİMDE İKİZ DÖNÜŞÜM VE DİJİTAL KAPSAYICILIK: 5. SINIF FEN BİLİMLERİ İÇİN ÇEVRİMDIŞI BİR ÖĞRENME PLATFORMU 218
Emine KARAKUŞ

DİJİTAL DÖNÜŞÜM ÇAĞINDA RUH SAĞLIĞI HİZMETLERİNİN SINIRLARI: YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ PSİKOLOJİK YARDIM VE TERAPÖTİK İLİŞKİNİN VAZGEÇİLMEZLİĞİ 231
Ege Ebrar ÖNÜR

DİJİTAL VİTRİNLERDE YEŞİL İLLÜZYON: İKİZ DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE DİJİTAL OLGUNLUĞUN YEŞİL AKLAMA (GREENWASHİNG) ÜZERİNDEKİ ETKİSİ..... 239
Pınar YILMAZ

YABANCI DİL OLARAK RUSÇA ÖĞRETİM SÜRECİNDE ETKİLEŞİMLİ TEKNOLOJİLER... 244
Radik GALIULLIN

KÜRESEL ELEKTROMOBİLİTE DÖNÜŞÜMÜNÜ YENİDEN DÜŞÜNMEK: YEŞİL DÖNÜŞÜM, YEŞİL AKLAMA VE KAYNAKTAN TEKERLEĞE YAŞAM DÖNGÜSÜ YAKLAŞIMI..... 250
Esengül DANIŞAN

TIBBİ SEKRETERLİKTE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: GÜNCEL LİTERATÜRÜN SİSTEMATİK DERLENMESİ 258
Cansu ŞAHİN

KAYSERİ ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ODUN DIŞI ORMAN ÜRÜNLERİ VERİLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ 267
Dr. Öğr Üyesi Ayşe Esra HAKVERDİ

YEŞİL YAZILIM YAKLAŞIMLARI İLE SIRALAMA ALGORİTMALARININ ANALİZİ..... 276
Öğr. Gör. Ece ECEMİŞ

Arş. Gör. Emre Can KURAN

YAPAY ZEKÂ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÇELİŞKİSİ: FARKLI MODEL TÜRLERİNİN ENERJİ TÜKETİMİ 283
Arş. Gör. Emre Can KURAN

Öğr. Gör. Ece ECEMİŞ

TEKNİK EĞİTİMDE KULLANILMAK ÜZERE 3B BASKILI MANUEL ŞANZIMAN MODELİNDE PLA, PETG VE ABS'NİN SAYISAL KARŞILAŞTIRILMASI..... 293
Öğr. Gör. Musa YILMAZ

Abdullah Kadir MENGE

PARAMEDİK ÖĞRENCİLERİNİN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİM ARAÇLARINA YÖNELİK GÖRÜŞLERİ: NİTEL BİR ODAK GRUP ÇALIŞMASI 308
Dr. Öğr Üyesi Nida KIYICI

Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KAYA

SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM KAPSAMINDA DOĞA TEMELLİ YAKLAŞIMLAR İLE TASARLANMIŞ İKONİK KONUT ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ 317
Yüksek Mimar Edanu BİRİNCİ

Prof. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN

SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM KAPSAMINDA İKONİK DİNİ YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ..... 327
Yüksek Mimar Edanu BİRİNCİ

Prof. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN

SÜRDÜRÜLEBİLİR VE DİRENÇLİ KENTLER İÇİN KAMU MUHASEBESİNDE YENİ YAKLAŞIMLAR..... 336
Ahmet GEMİCİ

Alaaddin UÇAK

Yasin REYHAN

AYRIŞAN DÜNYADA SÜRDÜRÜLEBİLİR GÜVENLİK: AVRUPA BİRLİĞİ YEŞİL DİPLOMASİSİ VE GÜVENLİĞİN DÖNÜŞEN BOYUTLARI..... 345
Dr. Öğr. Üyesi Samet İŞBİLEN

PARAMEDİK ÖĞRENCİLERİNİN TERS YÜZ ÖĞRENMEYE İLİŞKİN BEKLENTİ VE ALGILARININ İNCELENMESİ: NİTEL ÇALIŞMA..... 354
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KAYA

Dr. Öğr. Üyesi Nida KIYICI

DERİN ÖĞRENMEDE KULLANILAN BUDAMA YÖNTEMLERİNİN YEŞİL YAPAY ZEKA KAPSAMINDAKİ ETKİSİ 364
Öğr. Gör. Anıl KUŞ

ЦИФРОВОЙ ГУМАНИЗМ: МЕЖДУ АПОЛОГИЕЙ И КРИТИКОЙ ФИЛОСОФСКОЙ КОНЦЕПЦИИ 372
Doç. Dr. Bakıt MURZARAİMOV

Cıldız OSMONOVA

DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKÂ PERSPEKTİFİNDE ENDÜSTRİYEL IOT GÜVENLİĞİ: KARARLILIK DUYARLI BAYESYEN OPTİMİZASYON YAKLAŞIMI 380
Sabir HALİL

INVESTIGATING THE USE OF GENERATIVE DESIGN AND AI-POWERED SUSTAINABLE MATERIAL OPTIMIZATION IN ARCHITECTURE 387
Doç. Dr. Ahmet Cihat ARI

DİJİTAL ÇAĞDA OKÜLO-POSTÜRAL SİSTEM: EKRAN MARUZİYETİNİN ETKİLERİ 396
Dr. Öğr. Üyesi Koçer Furkan DURUKAN

Dr. Öğr. Üyesi Beyza Nur DURUKAN

SİGARA BIRAKMADA SOHBET ROBOTU TABANLI DİJİTAL MÜDAHALELER 403
Arş. Gör. Seher DÖNER

Arş. Gör. Safa YALÇIN

HEMŞİRELİK PERSPEKTİFİNDEN SÜRDÜRÜLEBİLİR SAĞLIK POLİTİKALARI: KAVRAMSAL TEMELLER, KÜRESEL KANITLAR VE TÜRKİYE İÇİN POLİTİKA ÖNERİLERİ 410
Arş. Gör. Safa YALÇIN

Arş. Gör. Seher DÖNER

DİJİTAL DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE DİJİTAL EKONOMİNİN VERGİLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE VE OECD ÜLKELERİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR DEĞERLENDİRME 418
Ebubekir YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Özlem BAPBACI

VERİYLE DÜŞÜNEN ÖRGÜTLER: DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİ VE STRATEJİK ÇEVİKLİK İLİŞKİSİ ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME 429
Ahmet SAVACI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ERTEM

GRAFİK TASARIMDA YARATICI SÜRECİN YAPAY ZEKÂ ARAÇLARIYLA DÖNÜŞÜMÜ: AMBALAJ TASARIMI ÜZERİNE BİR İNCELEME 438
Doç. Dr. Burak Erhan TARLAKAZAN

İKİZ DÖNÜŞÜMÜN RAPORLAMA STANDARTLARINA YANSIMASI: IFRS S1 VE S2 KAPSAMINDA DİJİTALLEŞME VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENTEGRASYONU 455
Arş. Gör. İrem Talaşlı

TÜBİTAK 2209-A/B ÖĞRENCİ PROJELERİ – ÖZET BİLDİRİLER 463

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELEDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK POLİTİKALARI: ÇEVRE HUKUKU VE KAMU YÖNETİMİ ARASINDAKİ UYUM SORUNLARI 464
Alperen YILMAZ

Doç. Dr. Emre EKİNCİ

OBEZİTEYLE MÜCADELEDE TÜRK VERGİ SİSTEMİNİN ROLÜ: OBEZİTE VERGİLERİ 466
Beyza KÖMÜR

Ayşe ERDOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed SAMANCI

ELEKTROSTATİK TERS PROBLEMLERDE YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI 468
Yasin Koçyiğit

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ÖĞRENCİLERİNİN YAPAY ZEKÂ KULLANIMI VE OKURYAZARLIĞININ ÇOK BOYUTLU ANALİZİ 470
İremnur ÖZTÜRK

Şilan KURT

İlker GÜNEY

Dr. Öğr. Üyesi Beyza Nur DURUKAN

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ GRAFİK TASARIMIN YARATICI ÜRETİM SÜREÇLERİNE ETKİSİ 472

Nusret İbrahim YURTSEVER

DİZ OSTEOARTRİTİ OLAN KRONİK BEL AĞRILI BİREYLERDE HASTALIK EVRESİNE GÖRE FONKSİYONEL VE PSİKOSOSYAL PARAMETRELERİN İNCELENMESİ 474

Gizem ÖZKILSIZ

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba DERE

Dr. Öğr. Üyesi Göker YURDAKUL

RESİMLİ ÇOCUK KİTAPLARININ OKULÖNCESİ DÖNEMDE CANLILARIN YAŞAM DÖNGÜSÜNÜ ANLAMA SÜREÇLERİNE ETKİSİ 476

Feyzanur EFE

KONUTTA FİJİTAL VE HİBRİT MEKÂNLAR: KULLANICI ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ 477

Arş. Gör. Zeynep Yeter ALTAN

DİJİTAL İLETİŞİM EKOSİSTEMİNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ YERLEŞİK KOD EDİTÖRLERİ VE İLETİŞİMSEL DÖNÜŞÜM 480

Arş. Gör. Arzu YAVUZ

Zeynalabdin RAMAZANZADA

ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN SANAT EĞİTİMİNDE FELSEFİ SORGULAMA VE ESTETİK ELEŞTİRİSİ FELDMAN YÖNTEMİ VE P4C ENTEGRASYONUNUN SÜRDÜRÜLEBİRLİLİRLİĞİ 482

Rojda AKDEMİR

TÜBİTAK 2209-A/B ÖĞRENCİ PROJELERİ – TAM METİN BİLDİRİLER..... 484

ANDROİD ZARARLI YAZILIM TESPİTİNDE YAPAY ARI KOLONİSİ TABANLI EŞZAMANLI ÖZELLİK SEÇİMİ VE HİPERPARAMETRE OPTİMİZASYONU 485

Mehmet Şakir Kurt

Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ÖZTÜRK

Seval TOPVAL

Dr. Öğr. Üyesi Sofya Cihan CANBOLAT

YENİ MEDYA SANATINDA GÖRSEL ANLATININ DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ:VAN GOGH: IŞIĞIN İZİNDE ÖRNEĞİ 505

Dilannur Şekeroğlu

Doç. Dr. Elif TARLAKAZAN

DEVELOPMENT OF A "DO-IT-YOURSELF" (DIY) SKY QUALITY METER PROTOTYPE FOR MEASURING AND ANALYZING LIGHT POLLUTION ON THE YOZGAT BOZOK UNIVERSITY CAMPUS 514

Şevval KAYMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Metin YALVAÇ

YAPAY ARI KOLONİSİ ALGORİTMASI İLE KOSİNÜS MODÜLELİ FİLTRE BANKASI TASARIMI 520

Dr. Öğr. Üyesi Türker KOZA

Samet SAVACI

IOT VERİ GÜVENLİĞİNDE YEŞİL DÖNÜŞÜM: BAĞLAM FARKINDALIKLI OTONOM ŞİFRELEME İLE BANT GENİŞLİĞİ OPTİMİZASYONU 529

Ahmet Hilmi ÇİLOĞLU

Prof. Dr. Ali GEZER

BİTKİ ELEKTROFİZYOLOJİSİNDE FARKLI ÖZNİTELİK ÇIKARIM YÖNTEMLERİNİN AI MODELLERİNİN DOĞRULUĞUNA ETKİSİ 539

Kadir Can TÜFEKCİ

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KARAMAN

NESNELERİN İNTERNETİ AĞLARINDA HİZMET ENGELLEME SALDIRILARINA KARŞI N8N AÇIK KAYNAK OTOMASYON PLATFORMU İLE OTONOM TESPİT VE MÜDAHALE..... 548

Ömer KARCI

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KARAMAN

AKILLI KAVŞAK SİSTEMLERİNİN DÖNÜŞÜMÜNDE DİJİTAL İKİZ UYGULAMALARI 556
Şerife Nur ÇİFTCİ
Prof. Dr. Seyfettin Sinan GÜLTEKİN
Prof. Dr. Esma UZUNHİSARCIKLI
DİJİTAL TEKNOLOJİYLE DÖNÜŞEN HEYKEL SANATI 566
Beyza AL

ÖZET BİLDİRİLER

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL KAMPÜS SÖYLEMLERİ BAĞLAMINDA ÜNİVERSİTE KAMPÜSLERİNDE HAYVAN BAKIMI

ANIMAL CARE IN UNIVERSITY CAMPUSES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABILITY AND GREEN CAMPUS DISCOURSES

Prof. Dr. Esra GEDİK[1]

Özet

Üniversiteler, sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm politikaları kapsamında "yeşil kampüs" uygulamalarını yaygınlaştırarak enerji verimliliği, atık yönetimi, çevresel farkındalık ve dijital raporlama gibi alanlarda kurumsal stratejiler geliştirmektedir. Ancak bu uygulamalar çoğunlukla insan-merkezli bir sürdürülebilirlik anlayışına dayanmakta; kampüslerde yaşayan hayvanlara yönelik bakım pratikleri sürdürülebilirlik politikalarının kapsamı dışında kalmaktadır. Bu bildiri, üniversite kampüslerinde hayvan bakımının yeşil kampüs söylemleri içinde nasıl konumlandırıldığını ve sürdürülebilirlik politikalarının insan–toplum boyutuyla nasıl ilişkilendirildiğini incelemektedir. Sürdürülebilirlik ve Yeşil Dönüşüm başlığı altında çalışma, kampüs hayvanlarına yönelik besleme, tedavi, barınma ve bakım pratiklerini çevresel sürdürülebilirliğin önemli fakat ihmal edilen bir bileşeni olarak ele almaktadır. Yeşil kampüs uygulamalarının ağırlıklı olarak ölçülebilir çevresel göstergeler, sertifikasyon süreçleri ve teknik düzenlemeler üzerinden tanımlandığı; buna karşın hayvan bakımının ekolojik bütünlük ve sürdürülebilir yaşam bağlamında kurumsal politikalarla yeterince ilişkilendirilmediği ortaya konulmaktadır. Bu durum, sürdürülebilirliğin yalnızca çevresel değil, aynı zamanda etik ve ilişkisel bir mesele olduğunu göstermektedir. İnsan ve Toplum Boyutu kapsamında ise çalışma, kampüs hayvanlarına yönelik bakımın büyük ölçüde öğrenciler ve gönüllüler tarafından üstlenildiğini; bu bakımın duygulanımsal emek, sorumluluk ve gündelik pratikler üzerinden sürdürüldüğünü göstermektedir. Nitel araştırma desenine dayanan çalışma, üniversite öğrencileri ve gönüllülerle yapılan derinlemesine görüşmeler ile kampüslerde yürütülen katılımcı gözlem verilerine dayanmaktadır. Bulgular, hayvan bakımının bireysel gönüllülük alanına indirgenmesinin, kurumsal sürdürülebilirlik anlayışının toplumsal boyutunu zayıflattığını ortaya koymaktadır. Bu bildiri, üniversitelerdeki yeşil kampüs ve sürdürülebilirlik politikalarını kampüs hayvanlarına yönelik bakım pratikleri üzerinden analiz ederek, çevresel sürdürülebilirlik, kurumsal sorumluluk ve insan–toplum boyutu arasındaki kopuklukları görünür kılmakta; sürdürülebilirliği türler arası birlikte yaşam ve bakım sorumluluğu temelinde yeniden düşünmeye katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Yeşil Kampüs, Kampüs Hayvanları, Hayvan Bakımı, İnsan ve Toplum Boyutu

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, esra.gedik@bozok.edu.tr

Abstract

Universities are developing institutional strategies in areas such as energy efficiency, waste management, environmental awareness, and digital reporting by mainstreaming "green campus" practices within the scope of sustainability and green transformation policies. However, these practices are largely grounded in an anthropocentric understanding of sustainability; care practices directed at animals living on campuses remain outside the scope of sustainability policies. This paper examines how animal care in university campuses is positioned within green campus discourses and how sustainability policies are related to the human–society dimension. Under the heading of Sustainability and Green Transformation, the study addresses feeding, treatment, shelter, and care practices for campus animals as an important yet neglected component of environmental sustainability. It demonstrates that green campus practices are predominantly defined through measurable environmental indicators, certification processes, and technical regulations, whereas animal care has not been sufficiently integrated into institutional policies in the context of ecological integrity and sustainable living. This situation reveals that sustainability is not merely an environmental matter, but also an ethical and relational one. Within the scope of the Human and Society Dimension, the study shows that care for campus animals is largely undertaken by students and volunteers, and that this care is sustained through affective labor, responsibility, and everyday practices. Drawing on a qualitative research design, the study is based on in-depth interviews conducted with university students and volunteers, as well as participant observation data gathered on campuses. The findings reveal that reducing animal care to the domain of individual volunteerism weakens the social dimension of institutional sustainability understanding. By analyzing green campus and sustainability policies at universities through the lens of care practices directed at campus animals, this paper makes visible the disconnections between environmental sustainability, institutional responsibility, and the human–society dimension and contributes to rethinking sustainability on the basis of multispecies cohabitation and caring responsibility.

Keywords: Sustainability, Green Campus, Campus Animals, Animal Care, Human and Society Dimension

KÜLTÜREL İŞARETTEN ÇAĞDAŞ İMGEYE: GÖRSEL DİLİN YENİDEN KURULMASI

FROM CULTURAL SIGN TO CONTEMPORARY IMAGE: RECONSTRUCTING VISUAL LANGUAGE

Ahsen ÖZGÜL[1]

Özet

Bu bildiri, kültürel temsillerin çağdaş görsel kültürde nasıl yeniden anlamlandırıldığını ikiz dönüşüm ekseninde (dijital dönüşüm ve sürdürülebilirlik) incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın konusu, tarihsel kökenli görsel işaretlerin güncel sanat ve tasarım bağlamında yeniden işlevlendirilmesidir. Araştırmanın temel problemi, bu tür kültürel işaretlerin sıklıkla dekoratif düzeyde ele alınması ve kültürel bellek, kimlik, dijital üretim ve sürdürülebilirlik boyutlarının birlikte değerlendirilmemesidir. Bu kapsamda Türk-Oğuz damgaları, halı-kilim motifleri ve Türk mitolojik hayvan temsilleri, yalnızca biçimsel alıntılar olarak değil, tarihsel süreklilik ve anlam taşıyan görsel kodlar olarak ele alınmaktadır. Çalışmanın kavramsal hattı "taşa kazınan izden dijital imgeye" ifadesiyle açıklanmakta; böylece geleneksel sembolün çağdaş görsel dile dönüşümü tartışılmaktadır. Araştırma, nitel yaklaşıma dayalı literatür taraması yöntemiyle yürütülmüştür. Kültürel bellek ve kimlik kuramları, göstergebilim ve ikonografik çözümleme literatürü ile dijital görsel kültür, yapay zekâ destekli imge üretimi ve sürdürülebilir tasarım çalışmalarına ilişkin kaynaklar karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiştir. Bu çerçevede çizgisel sadelik, ritim, tekrar, katmanlanma ve sembolik yoğunluk gibi biçimsel özelliklerin çağdaş imgede yeni anlam alanları üretebildiği; dijital araçların kültürel kodları yeniden dolaşıma sokma ve farklı bağlamlarda çoğaltma kapasitesi taşıdığı; sürdürülebilirlik yaklaşımının ise üretim, malzeme ve erişim süreçlerine yeni bir eleştirel bakış getirdiği görülmüştür. Beklenen bulgu, kültürel işaretlerin çağdaş görsel dilde sabit ve tek anlamlı yapılar olarak değil, geçmiş ile bugün arasında köprü kuran, teknolojiyle dönüşen ve kültürel belleği güncelleyen dinamik yapılar olarak okunabileceğidir. Sonuç olarak çalışma, kültürel mirasın yalnızca korunması değil, dijital çağın estetik ve etik koşulları içinde yeniden yorumlanması gerektiğini savunarak sanat, tasarım ve kültürel bellek çalışmalarına disiplinler arası bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kültürel temsil, Türk-Oğuz damgaları, görsel bellek, dijital dönüşüm, sürdürülebilirlik

[1] Erciyes Üniversitesi, ahsenozgul@gmail.com

Abstract

This paper aims to examine how cultural representations are reinterpreted in contemporary visual culture within the axis of twin transformation (digital transformation and sustainability). The subject of the study is the refunctionalization of historically rooted visual signs in contemporary art and design. The main problem is that such cultural signs are frequently handled at a decorative level, while their dimensions related to cultural memory, identity, digital production, and sustainability are not evaluated together. In this context, Turkic-Oghuz tamgas, carpet-kilim motifs, and representations of Turkish mythological animals are addressed not merely as formal quotations but as meaningful visual codes that carry historical continuity. The conceptual line of the study is defined as "from inscription on stone to digital image," through which the transformation of traditional symbols into contemporary visual language is discussed. The research is conducted through a qualitative literature-review method. Sources on cultural memory and identity theories, semiotics and iconographic analysis, digital visual culture, AI-assisted image production, and sustainable design are comparatively examined. The analysis indicates that formal qualities such as linear simplicity, rhythm, repetition, layering, and symbolic density can generate new fields of meaning in contemporary imagery; that digital tools enable the recirculation and contextual multiplication of cultural codes; and that sustainability perspectives provide a critical framework for production, material use, and accessibility processes. The expected finding is that cultural signs should be interpreted not as fixed and single-meaning structures, but as dynamic formations that connect past and present, transform through technology, and reactivate cultural memory. Consequently, the study argues that cultural heritage should not only be preserved but also reinterpreted within the aesthetic and ethical conditions of the digital age, offering an interdisciplinary contribution to art, design, and cultural memory studies.

Keywords: Cultural representation, Turkic-Oghuz tamgas, visual memory, digital transformation, sustainability

DİJİTAL EĞLENCE ENDÜSTRİSİNDE STRATEJİK PLANLAMA VE REKABET AVANTAJI: STEAM VE GOG PLATFORMLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

STRATEGIC PLANNING AND COMPETITIVE ADVANTAGE IN THE DIGITAL ENTERTAINMENT INDUSTRY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF STEAM AND GOG PLATFORMS

Nursami KARAÇAM[1]
Dr. Öğr. Üyesi OYA ÖNALAN[2]

Özet

Günümüzün hızla dijitalleşen küresel pazarında, işletmelerin sürdürülebilir bir rekabet avantajı elde edebilmeleri için stratejik yönetim ve planlama süreçleri hayati bir önem taşımaktadır. Geleneksel medya sektörlerini geride bırakan devasa dijital oyun endüstrisi, pazar aktörlerini hayatta kalabilmek için çevik büyüme, farklılaşma veya niş pazar stratejileri benimsemeye zorlamaktadır. Bu çalışmanın temel problemi, hızla değişen teknolojik altyapılar karşısında dijital oyun platformlarının nasıl bir rekabet stratejisi izlemesi gerektiğidir. Çalışmanın amacı, stratejik planlama literatürü çerçevesinde dijital oyun dağıtım pazarının iki önemli aktörü olan Valve Corporation (Steam platformu) ve CD Projekt (GOG platformu) firmalarının şirketleşme ve rekabet stratejilerini karşılaştırmalı olarak incelemektir. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden literatür taraması kullanılmış olup, şirketlerin mevcut pazar durumları ve gelecek potansiyelleri SWOT analizi, PESTLE makro-çevre analizi ve Porter'ın Beş Güç Modeli gibi stratejik araçlarla kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. İnceleme sonucunda; pazar lideri olan Steam'in bölgesel fiyatlandırma algoritmaları, geniş ürün yelpazesi ve ekosistem kilitlenmesi (lock-in effect) yaratarak literatürdeki "Maliyet Liderliği" ve "Geniş Pazar" stratejilerini başarıyla uyguladığı görülmüştür. Buna karşın GOG platformunun, devasa rakipleriyle doğrudan rekabete girmek yerine "Dijital Hak Yönetimi İçermeyen (DRM-Free)" içerik sunma ve klasik oyunları koruma misyonuyla hareket ederek "Farklılaştırma" ve "Odaklanma (Niş Pazar)" stratejilerini benimsediği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, geleneksel stratejik yönetim teorilerinin dijital teknoloji şirketleri tarafından modern pazarlarda başarıyla uygulandığını kanıtlamakla birlikte; sektörde hızla yükselen "Bulut Oyun (Cloud Gaming)" teknolojilerinin her iki platformun mevcut iş modelleri için yıkıcı bir tehdit oluşturduğunu ve şirketlerin stratejik esnekliklerini artırmaları gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Stratejik Yönetim, Rekabet Avantajı, Dijital Oyun Endüstrisi, Steam, GOG.

[1] Karabük Üniversitesi, 2528208125@ogrenci.karabuk.edu.tr
[2] Karabük Üniversitesi, oyaonalan@karabuk.edu.tr

Abstract

In today's rapidly digitalizing global market, strategic management and planning processes are of vital importance for businesses to achieve a sustainable competitive advantage. The massive digital gaming industry, which has surpassed traditional media sectors, forces market actors to adopt agile growth, differentiation, or niche market strategies to survive. The main problem of this study is what kind of competitive strategy digital gaming platforms should pursue in the face of rapidly changing technological infrastructures. The purpose of the study is to comparatively analyze the corporate and competitive strategies of two major actors in the digital game distribution market, Valve Corporation (Steam platform) and CD Projekt (GOG platform), within the framework of strategic planning literature. In the study, a literature review, one of the qualitative research methods, was used, and the current market situations and future potentials of the companies were comprehensively evaluated with strategic tools such as SWOT analysis, PESTLE macro-environment analysis, and Porter's Five Forces Model. As a result of the examination, it was seen that Steam, the market leader, successfully applied the "Cost Leadership" and "Broad Market" strategies in the literature by creating regional pricing algorithms, a wide product range, and ecosystem lock-in (lock-in effect). On the other hand, it was determined that the GOG platform, instead of entering into direct competition with its giant rivals, adopted "Differentiation" and "Focus (Niche Market)" strategies by acting with the mission of offering "DRM-Free" content and preserving classic games. The findings obtained prove that traditional strategic management theories are successfully applied by digital technology companies in modern markets; however, it clearly reveals that the rapidly rising "Cloud Gaming" technologies in the sector pose a disruptive threat to the current business models of both platforms and that companies need to increase their strategic flexibility.

Keywords: Strategic Management, Competitive Advantage, Digital Gaming Industry, Steam, GOG.

KRONOTERAPİNİN KLİNİK UYGULAMALARDAKİ ETKİNLİĞİ VE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TEDAVİYE KATKISI

THE EFFECTIVENESS OF CHRONOTHERAPY IN CLINICAL PRACTICE AND ITS CONTRIBUTION TO PERSONALISED TREATMENT

Öğr. Gör. Ziya Canberk ÖZTÜRK[1]
Öğr. Gör. Hatice Beyza BAŞKAL DOĞANER[2]
Doç. Dr. Gökhan Doğukan AKARSU[3]

Özet

Kronoterapi, organizmanın biyolojik ritimlerini, özellikle sirkadiyen döngüleri dikkate alarak tedavi süreçlerinin zamanlamasını optimize etmeyi amaçlayan yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, fizyolojik süreçlerin gün içinde değişkenlik göstermesi nedeniyle, tedavi etkinliğinin ve ilaç toleransının zamanla ilişkili olabileceği varsayımına dayanmaktadır. Bu çalışmanın konusu, kronoterapinin temel ilkeleri ve farklı hastalık gruplarındaki potansiyel klinik uygulamalarıdır. Çalışmanın amacı, kronoterapinin tedavi başarısını artırmadaki rolünü ortaya koymak ve bu yaklaşımın bireyselleştirilmiş tıp çerçevesindeki önemini tartışmaktır.

Araştırmanın temel problemi, geleneksel tedavi yöntemlerinde ilaç uygulama zamanının çoğunlukla sabit ve biyolojik ritimlerden bağımsız olarak belirlenmesidir. Oysa hormon salınımı, enzim aktiviteleri ve hücresel yenilenme gibi birçok biyolojik süreç günün belirli zamanlarında farklılık göstermektedir. Bu durum, tedavi etkinliğini sınırlayabilir ve yan etki riskini artırabilir. Bu bağlamda, "tedavi için en uygun zaman dilimi nedir?" sorusu kronoterapinin merkezinde yer almaktadır.

Bu çalışma, kronobiyoloji ve farmakokinetik/farmakodinamik etkileşimlere odaklanan literatürün kavramsal analizi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Mevcut bilimsel çalışmalar incelenerek kronoterapinin özellikle kanser tedavisi, hipertansiyon ve astım gibi hastalıklardaki uygulamaları değerlendirilmiştir.

Beklenen bulgular, kronoterapinin tedavi etkinliğini artırabileceği ve ilaçların yan etkilerini azaltabileceği yönündedir. Özellikle kemoterapide, sağlıklı hücrelerin daha az zarar gördüğü zaman dilimlerinde uygulanan tedavilerin daha başarılı sonuçlar verdiği; antihipertansif ilaçların gece uygulanmasının kan basıncı kontrolünü iyileştirdiği ve astım tedavisinde semptomların yoğunlaştığı saatlere yönelik müdahalelerin daha etkili olduğu öngörülmektedir. Ayrıca, bireysel biyolojik ritimlerin dikkate alınmasıyla kişiye özgü tedavi planlarının geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak kronoterapi, modern tıpta tedavi süreçlerinin zaman boyutunu dikkate alan önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu yöntemin yaygın klinik kullanımı için daha fazla deneysel ve klinik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kronoterapi, Kronofarmakokinetik, Sirkadiyen ritim, İlaç zamanlaması, Kişiselleştirilmiş tıp

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, z.canberk.ozturk@yobu.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, h.beyza.baskal@bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, g.dogukan.akarsu@yobu.edu.tr

Abstract

Chronotherapy is an innovative therapeutic approach that aims to optimize treatment timing by considering biological rhythms, particularly circadian cycles. This approach is based on the premise that physiological processes fluctuate throughout the day, influencing drug efficacy and tolerability. The topic of this study is the fundamental principles of chronotherapy and its potential applications across various disease groups. The aim is to examine the role of chronotherapy in improving therapeutic outcomes and to highlight its significance within the framework of personalized medicine.

The main problem addressed in this study is that conventional treatment approaches غالبًا do not consider biological timing, applying medications at fixed schedules regardless of circadian variations. However, many physiological processes, such as hormone secretion, enzyme activity, and cellular regeneration, vary depending on the time of day. This mismatch may reduce treatment effectiveness and increase adverse effects. Therefore, determining the "optimal timing for treatment" emerges as a critical research question.

This study is based on a conceptual review of the literature focusing on chronobiology and pharmacokinetic/pharmacodynamic interactions. Existing studies on chronotherapy in conditions such as cancer, hypertension, and asthma are analyzed to evaluate its clinical relevance.

The expected findings suggest that chronotherapy can enhance treatment efficacy and minimize drug toxicity. For instance, chemotherapy administered at specific times may reduce damage to healthy cells; nighttime dosing of antihypertensive drugs may improve blood pressure control; and targeting peak symptom times in asthma may yield better outcomes. Furthermore, incorporating individual biological rhythms into treatment planning may support the development of personalized therapeutic strategies.

In conclusion, chronotherapy represents a significant advancement in modern medicine by integrating the temporal dimension into treatment planning. However, further experimental and clinical studies are required to standardize and expand its application.

Keywords: Chronotherapy, Chronopharmacokinetics, Circadian rhythm, Drug timing, Personalised medicine

GLUTATYONUN TERAPÖTİK KULLANIMI VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ
THERAPEUTIC USE OF GLUTATHIONE AND ITS EFFECTS ON HEALTH

Hatice Beyza BAŞKAL DOĞANER[1]
Ziya Canberk ÖZTÜRK[2]
Gökhan Doğukan AKARSU[3]

Özet

Glutatyon, glutamat, sistein ve glisin aminoasitlerinden oluşan bir tripeptit olup hücresel düzeyde en önemli antioksidanlardan biridir. İndirgenmiş (GSH) ve okside (GSSG) formlarıyla canlı metabolizmasında kritik roller üstlenmektedir. Antioksidan özellikleri sayesinde serbest radikallerin nötralizasyonunda görev almakta, immün sistemin düzenlenmesine katkıda bulunmakta ve detoksifikasyon süreçlerinde etkin rol oynamaktadır. Ayrıca melanin sentezinde tirozinaz enzimini inhibe ederek deri renginin açılmasına neden olmakta, bu yönüyle dermatolojik uygulamalarda da dikkat çekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, glutatyonun terapötik kullanımını ve sağlık üzerindeki çok yönlü etkilerini literatür verileri ışığında kapsamlı biçimde değerlendirmektir. Çalışma, glutatyonun biyokimyasal özellikleri, kullanım yolları (oral, damar içi, topikal), klinik etkileri ve farklı hastalıklarla ilişkisini ortaya koymayı hedeflemektedir.

Çalışma problemi olarak, glutatyonun terapötik kullanımına dair mevcut verilerin parçalı ve sınırlı olması, özellikle oral biyoyararlanımın düşük olması, damar içi uygulamaların FDA tarafından onaylanmamış olması ve uzun dönem güvenlik verilerinin yetersizliği öne çıkmaktadır. Bu durum, glutatyonun klinik uygulamalarda standart bir tedavi seçeneği olarak kullanılmasının önünde önemli bir engel oluşturmaktadır.

Literatür bulguları, glutatyonun antiinflamatuar etkiler gösterdiğini, nonalkolik yağlı karaciğer hastalığında olumlu sonuçlar verdiğini, akciğer hastalıklarında oksidatif stresin kontrolünde kritik rol oynadığını ve immün sistem hücrelerinin aktivasyonu için gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca Parkinson ve Alzheimer gibi nörodejeneratif hastalıklarla, ateroskleroz ve kanserle ilişkili olduğu bildirilmektedir. Dermatolojik açıdan ise glutatyonun depigmentasyon etkisi dikkat çekmektedir.

Sonuç olarak, glutatyonun terapötik kullanımının sağlık üzerinde çok yönlü ve umut verici etkileri olduğu görülmektedir. Ancak uygulama yolları, dozaj, uzun dönem güvenlik ve klinik etkinlik açısından daha fazla kontrollü çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu nedenle glutatyonun destekleyici tedavi olarak potansiyeli güçlü olmakla birlikte, kanıta dayalı standartların oluşturulması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Glutatyon, Antioksidan, Terapötik Kullanım, Sağlık, Kronik Hastalıklar

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, h.beyza.baskal@bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, z.canberk.ozturk@yobu.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, g.dogukan.akarsu@yobu.edu.tr

Abstract

Glutathione, a tripeptide composed of glutamate, cysteine, and glycine, is one of the most important antioxidants at the cellular level. It exists in reduced (GSH) and oxidized (GSSG) forms and plays a critical role in maintaining cellular homeostasis. Through its antioxidant properties, glutathione neutralizes free radicals, contributes to immune regulation, and supports detoxification processes. It also inhibits tyrosinase activity in melanin synthesis, leading to skin lightening, which has attracted attention in dermatological applications.

The aim of this study is to comprehensively evaluate the therapeutic use of glutathione and its multifaceted effects on health based on literature findings. The scope includes its biochemical properties, administration routes (oral, intravenous, topical), clinical outcomes, and associations with various diseases.

The main problem identified is the fragmented and limited nature of current data regarding therapeutic applications of glutathione. Oral administration is characterized by low bioavailability, while intravenous use—although preferred for rapid effects—has not been approved by the FDA and is associated with potential adverse effects. Furthermore, long-term safety and standardized dosage information remain insufficient, which restricts its integration into routine clinical practice.

Findings from the literature indicate that glutathione exhibits anti-inflammatory effects, improves outcomes in nonalcoholic fatty liver disease, and plays a key role in controlling oxidative stress in pulmonary disorders. It is essential for immune cell activation and has been linked to neurodegenerative diseases such as Parkinson's and Alzheimer's, as well as to atherosclerosis and cancer. Dermatologically, glutathione demonstrates depigmenting effects, though its efficacy and sustainability are debated.

In conclusion, the therapeutic use of glutathione shows promising and diverse health benefits. However, further controlled clinical studies are required to establish standardized protocols regarding administration routes, dosage, and long-term safety. While glutathione holds strong potential as a supportive therapy, evidence-based guidelines are essential for its safe and effective clinical application.

Keywords: Glutathione, Antioxidant, Therapeutic Use, Health, Chronic Diseases

DİJİTAL BÖLÜNME VE DİJİTAL VATANDAŞLIK BAĞLAMINDA YAŞLI BİREYLERİN E-DEVLET VE E-SAĞLIK HİZMETLERİNE ERİŞİMİ

ACCESS OF OLDER ADULTS TO E-GOVERNMENT AND E-HEALTH SERVICES IN THE CONTEXT OF DIGITAL DIVIDE AND DIGITAL CITIZENSHIP

İbrahim YILDIZ[1]

Özet

Dijital dönüşüm, kamusal hizmetlerin sunum biçimlerini yeniden düzenlemekte ve vatandaşlık pratiklerinin niteliğini değiştirmektedir. e-Devlet, e-Nabız ve Merkezi Hekim Randevu Sistemi gibi dijital kamu hizmetlerinin yaygınlaşması, hizmetlere erişimde hız, kolaylık ve zaman tasarrufu sağlasa da bu dönüşümün bütün toplumsal kesimler bakımından eşit sonuçlar doğurmadığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, yaşlı bireylerin dijital vatandaşlık deneyimleri dijital bölünme, erişilebilirlik ve sosyal eşitsizlik ekseninde sosyolojik bir bakışla ele alınmaktadır. Çalışmanın amacı, yaşlı bireylerin e-Devlet ve e-Sağlık hizmetlerine erişim süreçlerinde karşılaştıkları yapısal, kültürel ve bireysel engelleri ortaya koymak ve dijitalleşmenin vatandaşlık hakkının kullanımı üzerindeki etkilerini tartışmaktır. Araştırmanın temel problemi, dijital kamu hizmetlerinin yaygınlaşmasının kamusal hizmetlere erişimi kolaylaştırmasına karşın yaşlı bireyler açısından yeni dışlanma biçimleri üretip üretmediğidir.

Çalışma, dijital vatandaşlığı teknik beceri çerçevesine indirgenebilecek bir olgu olarak değil; eğitim düzeyi, gelir, sağlık durumu, yaş, dijital okuryazarlık, aile desteği, kurumsal rehberlik ve teknolojiye duyulan güven gibi değişkenlerin biçimlendirdiği toplumsal bir deneyim olarak değerlendirmektedir. Araştırma nitel desende tasarlanmıştır. Bu kapsamda 60 yaş ve üzerindeki bireylerle 15-20 yarı yapılandırılmış görüşmenin yapılması ve elde edilen verilerin tematik analiz yoluyla incelenmesi planlanmaktadır. Görüşmelerde e-Devlet, e-Nabız ve MHRS kullanımında karşılaşılan güçlükler; dijital hizmetlere erişimde aracı kişilere bağımlılık; hata yapma endişesi; veri güvenliği ve mahremiyet kaygıları; dijital sistemlere yönelik güven ve güvensizlik gibi boyutlar üzerinde durulacaktır.

Beklenen bulgular, yaşlı bireylerin dijital kamu hizmetlerinden yararlanma düzeylerinin teknolojiye fiziksel erişimle açıklanamayacağını; dijital beceriler, sosyal destek ağları, kurumsal yönlendirme ve erişilebilir tasarım unsurlarıyla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bunun yanında, destekleyici mekanizmaların yetersiz kaldığı durumlarda dijitalleşmenin yaşlı bireylerin vatandaşlık haklarını kullanma süreçlerinde dolaylı eşitsizlikler, bağımlılık ilişkileri ve toplumsal dışlanma biçimleri üretebildiği değerlendirilmektedir. Bu çerçevede çalışma, dijital dönüşüm politikalarının toplumsal kapsayıcılık, erişilebilirlik ve kuşaklararası adalet ilkeleri temelinde yeniden ele alınmasına katkı sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital vatandaşlık, dijital bölünme, yaşlılık, e-Devlet, sosyal eşitsizlik

[1] Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, ibrahimyildiz5558@icloud.com

Abstract

Digital transformation is reshaping the provision of public services and altering the nature of citizenship practices. Although the widespread use of digital public services such as e-Government, e-Nabız, and the Central Physician Appointment System provides speed, convenience, and time efficiency in access to services, this transformation does not produce equal outcomes for all social groups. This study examines older adults' experiences of digital citizenship from a sociological perspective, with particular attention to digital divide, accessibility, and social inequality. The study aims to reveal the structural, cultural, and individual barriers that older adults encounter in accessing e-government and e-health services and to discuss the effects of digitalization on the exercise of citizenship rights. The main research problem concerns whether the expansion of digital public services, despite facilitating access to public services, also generates new forms of exclusion for older adults.

The study approaches digital citizenship not as a phenomenon reducible to technical competence, but as a social experience shaped by variables such as education, income, health status, age, digital literacy, family support, institutional guidance, and trust in technology. The research is designed within a qualitative framework. In this context, 15-20 semi-structured interviews are planned with individuals aged 60 and over, and the data obtained will be analyzed through thematic analysis. The interviews will focus on difficulties encountered in the use of e-Government, e-Nabız, and MHRS; dependency on intermediaries in accessing digital services; fear of making mistakes; concerns about data security and privacy; and trust or distrust toward digital systems.

The expected findings suggest that older adults' use of digital public services cannot be explained solely by physical access to technology; rather, it is closely related to digital skills, social support networks, institutional guidance, and accessible design. It is further argued that, where supportive mechanisms remain inadequate, digitalization may generate indirect inequalities, dependency relations, and forms of social exclusion in the exercise of citizenship rights. In this respect, the study seeks to contribute to the reconsideration of digital transformation policies on the basis of social inclusion, accessibility, and intergenerational justice.

Keywords: Digital Citizenship, Digital Divide, Ageing, E-Government, Social İnequality.

3B BASKI (FFF) YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ AHŞAP KATKILI PLA KOMPOZİTLERDE YÜKLEME YÖNÜNÜN EĞİLME DAVRANIŞINA ETKİSİ

EFFECT OF LOADING DIRECTION ON FLEXURAL BEHAVIOR OF WOOD-FILLED PLA COMPOSITES PRODUCED BY 3D PRINTING (FFF)

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KILIÇ[1]
Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU[2]
Doç. Dr. İlkay ATAR[3]
Öğr. Gör. Hüseyin HARMANCI[4]

Özet

Katmanlı imalat teknolojileri arasında yaygın olarak kullanılan 3B baskı (Fused Filament Fabrication, FFF) yöntemi ile üretilen polimer kompozitlerde, üretim sürecine bağlı olarak tabla ile temas eden alt yüzey ile üst yüzey arasında morfolojik ve yapısal farklılıklar oluşmaktadır. Bu farklılıklar, özellikle eğilme testlerinde elde edilen mekanik sonuçların değişmesine neden olabilmektedir. Bu çalışmada, ticari olarak temin edilen %30 ahşap katkılı polilaktik asit (PLA WOOD, Porima, Türkiye) filament kullanılarak FFF yöntemiyle üretilen kompozit numunelerde, yükleme yönünün (alt yüzey ve üst yüzey) eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Numuneler 0,4 mm nozül çapı, 0,2 mm katman kalınlığı, 220 °C nozül sıcaklığı ve 60 °C tabla sıcaklığı gibi sabit üretim parametreleri altında üretilmiş, dolgu yoğunluğu %30 ve %100 olarak iki seviyede uygulanmıştır. Eğilme testleri ASTM D790 standardına uygun olarak 3,2 × 12,7 × 127 mm boyutlarında numuneler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, %30 dolgu yoğunluğuna sahip numunelerde alt yüzeyden yükleme durumunda eğilme direnci 43,73 MPa ve elastikiyet modülü 1638,97 MPa olarak belirlenirken, üst yüzeyden yükleme durumunda bu değerler sırasıyla 41,71 MPa ve 1570,85 MPa olarak ölçülmüştür. %100 dolgu yoğunluğunda ise alt yüzeyden yükleme durumunda eğilme direnci 58,55 MPa ve elastikiyet modülü 1985,14 MPa iken, üst yüzeyden yükleme durumunda bu değerler 56,59 MPa ve 1909,51 MPa olarak elde edilmiştir. Sonuçlar, yükleme yönünün hem eğilme direnci hem de elastikiyet modülü üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($p<0.01$). Tablaya temas eden alt yüzeyden yük uygulanan numunelerde daha yüksek mekanik değerler elde edilmiştir. Bu durum, tabla yüzeyinde oluşan daha yoğun ve düşük poroziteli yapı ile ilişkilendirilmektedir. Dolgu yoğunluğunun artmasıyla birlikte mekanik özelliklerde belirgin artış gözlenmiş, ancak yükleme yönü ile dolgu yoğunluğu arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Elde edilen bulgular, 3B baskı ile üretilmiş kompozit numunelerde yalnızca üretim parametrelerinin değil, aynı zamanda mekanik testlerde yükleme yönünün de standartlaştırılması gereken önemli bir değişken olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: 3B Baskı, FFF, Ahşap Katkılı PLA, Eğilme Direnci, Elastikiyet Modülü,

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, ibrahim.kilic@bozok.edu.tr
[2] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, fmengelo@ksu.edu.tr
[3] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, iatar@ksu.edu.tr
[4] Yozgat Bozok Üniversitesi, huseyin.harmanci@bozok.edu.tr

Abstract

In polymer composites produced by 3D printing (Fused Filament Fabrication, FFF), morphological and structural differences may occur between the bottom surface in contact with the build plate and the top surface due to the manufacturing process. These differences can significantly affect the mechanical results obtained from flexural testing. In this study, the effect of loading direction (bottom and top surfaces) on flexural strength and flexural modulus of specimens produced by 3D printing (FFF) using commercially available wood-filled polylactic acid (PLA WOOD, Porima, Türkiye) filament containing 30% wood was investigated. The specimens were fabricated under constant processing parameters including a 0.4 mm nozzle diameter, 0.2 mm layer height, 220 °C nozzle temperature, and 60 °C build plate temperature. Infill density was applied at two levels, 30% and 100%. Flexural tests were conducted in accordance with ASTM D790 using specimens with dimensions of 3.2 × 12.7 × 127 mm, and the obtained data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). According to the results, for specimens with 30% infill density, the flexural strength and modulus were determined as 43.73 MPa and 1638.97 MPa under bottom surface loading, and 41.71 MPa and 1570.85 MPa under top surface loading, respectively. For specimens with 100% infill density, the flexural strength and modulus were found to be 58.55 MPa and 1985.14 MPa under bottom surface loading, and 56.59 MPa and 1909.51 MPa under top surface loading, respectively. The results indicated that loading direction has a statistically significant effect on both flexural strength and modulus ($p < 0.01$). Higher mechanical values were obtained when the load was applied from the bottom surface in contact with the build plate. This behavior is attributed to the denser and less porous structure formed at the build plate interface. Increasing infill density led to a significant improvement in mechanical properties; however, the interaction between loading direction and infill density was found to be statistically insignificant ($p > 0.05$). The findings demonstrate that not only processing parameters but also loading direction should be standardized in mechanical testing of 3D printed composite materials to ensure reliable and comparable results.

Keywords: 3D Printing, FFF, Wood-Filled PLA, Flexural Strength, Flexural Modulus

BRENT PETROL FİYATLARI İLE ÜRETİCİ FİYAT ENDEKSİ ARASINDAKİ KISA DÖNEMLİ DİNAMİK İLİŞKİ: VAR MODELİ VE GRANGER NEDENSELLİK ANALİZİ

SHORT-RUN DYNAMIC RELATIONSHIP BETWEEN BRENT CRUDE OIL PRICES AND PRODUCER PRICE INDEX: A VAR MODEL AND GRANGER CAUSALITY ANALYSIS

Serdar GÜCÜM[1]
Bayram KAYANTAŞ[2]
Dr. Öğr. Üyesi Bilal ÖZEL[3]

Özet

Enerji fiyatları, özellikle petrol fiyatları, üretim maliyetleri ve enflasyon dinamikleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Petrolün birçok sektörde temel girdi olması nedeniyle fiyatındaki dalgalanmalar üretici fiyatları üzerinden enflasyon sürecine doğrudan ya da dolaylı olarak yansımaktadır. Bu bağlamda, petrol fiyatlarındaki değişimlerin üretici fiyatları üzerindeki etkisinin incelenmesi, makroekonomik istikrar ve politika tasarımı açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma, brent petrol fiyatları ile üretici fiyat endeksi arasındaki kısa dönemli dinamik ilişkiyi Türkiye ekonomisi özelinde analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmada 2013M09–2026M02 dönemine ait aylık veriler kullanılmıştır. Değişkenler doğal logaritmik dönüşüme tabi tutulmuş ve durağanlık problemini ortadan kaldırmak amacıyla birinci farkları alınmıştır. ADF ve PP birim kök test sonuçları, serilerin düzeyde durağan olmadığını ancak birinci farklarında durağan hale geldiğini göstermiştir. Bu bulgular, serilerin I(1) bütünleşme derecesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır.
Değişkenler arasındaki karşılıklı etkileşimlerin analiz edilmesi amacıyla iki değişkenli VAR modeli kullanılmıştır. Uygun gecikme uzunluğu bilgi kriterleri doğrultusunda 3 olarak belirlenmiştir. Modelin istikrar koşullarını sağladığı ve gerçekleştirilen tanısal testler sonucunda otokorelasyon ve heteroskedastisite problemlerinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

Granger nedensellik testi sonuçları, petrol fiyatları ile üretici fiyat endeksi arasında kısa dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisinin bulunmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, etki-tepki fonksiyonları petrol fiyat şoklarının üretici fiyatları üzerinde sınırlı ve gecikmeli etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Varyans ayrıştırması sonuçları da bu etkinin düşük düzeyde kaldığını desteklemektedir. Sonuç olarak, petrol fiyatlarının üretici fiyatları üzerindeki etkisinin zayıf, geçici ve dolaylı olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Brent Petrol, Üretici Fiyatları, VAR Modeli, Granger Nedensellik, Enflasyon

[1] Batman Üniversitesi, gucumserdar@gmail.com
[2] Batman Üniversitesi, b.kayantas@gmail.com
[3] Bingöl Üniversitesi, bilaozel@bingol.edu.tr

Abstract

Energy prices, particularly oil prices, play a crucial role in shaping production costs and inflation dynamics. Since oil is a fundamental input in many sectors, fluctuations in its price are directly or indirectly reflected in the inflation process through producer prices. In this context, examining the impact of oil price changes on producer prices is important for macroeconomic stability and policy design. This study aims to analyze the short-term dynamic relationship between Brent crude oil prices and the Producer Price Index (PPI) in the context of the Turkish economy.

The analysis employs monthly data covering the period from September 2013 to February 2026. The variables are transformed into natural logarithms and first differences to ensure stationarity. The results of the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) unit root tests indicate that both series are non-stationary in levels but become stationary after first differencing, implying that the variables are integrated of order one, I(1).

A two-variable Vector Autoregressive (VAR) model is used to examine the dynamic interactions between the variables. The optimal lag length is determined as three based on information criteria. The model satisfies stability conditions, and diagnostic tests confirm the absence of autocorrelation and heteroskedasticity problems. Granger causality test results indicate that there is no statistically significant causal relationship between oil prices and producer prices in the short run.

However, impulse response functions reveal that oil price shocks have limited and lagged effects on producer prices. Variance decomposition results also support that this impact remains relatively low. Overall, the findings suggest that the effect of oil prices on producer prices is weak, temporary, and indirect.

Keywords: Brent Oil, Producer Prices, VAR Model, Granger Causality, Inflation

KURUMSAL İLETİŞİMDE İKİZ DÖNÜŞÜMÜN TEMSİLİ: ARÇELİK VE VESTEL ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ

THE REPRESENTATION OF THE TWIN TRANSITION IN CORPORATE COMMUNICATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ARÇELİK AND VESTEL

Doç. Dr. Betül ÇEPNİ ŞENER[1]

Özet

Son yıllarda ortaya çıkan ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ve sürdürülebilirlik hedefleri ile popülerlik kazanan ikiz dönüşüm (twin transition) kavramı her alanda kendini gösteren stratejik bir paradigmadır. Dijitalleşme ve sürdürülebilirliğin eş zamanlı yönetilmesini tanımlayan bu paradigmayı benimseyen markalar, ikiz dönüşümü sosyal, ekonomik ve endüstriyel süreçlerine entegre ederek hem ekonomik hem de ekolojik sorumluluğu yerine getirmekte buna bağlı olarak yeni ve geleceğe dönük yeni iş modelleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla, markalar yeni iş modellerine, dijitalleşme ve sürdürülebilirliği bütüncül bir yaklaşımla birleştirerek kurumsal dönüşümlerini gerçekleştirmesi gerekmektedir; zira ikiz dönüşüm yaklaşımının kurumsal iletişim stratejilerine dâhil edilmesi, paydaş güveninin tesis edilmesi, kurumsal itibarın güçlendirilmesi ve rekabet avantajı elde edilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda markaların kurumsal iletişim sürecinde ikiz dönüşüm stratejilerini paydaşlarına nasıl aktardığı ve kurumsal iletişim kanallarında kendilerini nasıl temsil ettikleri kritik bir öneme sahiptir. Bu noktadan hareketle çalışmanın amacı, Türkiye teknoloji sektörünün iki öncü aktörü olan Arçelik ve Vestel'in, ikiz dönüşüm süreçlerini kurumsal iletişim araçlarıyla paydaşlarına nasıl aktardığını incelemektir. Bunun yanı sıra araştırma, kurumsal iletişim literatüründe ikiz dönüşüm kavramının markaların kurumsal iletişim süreçlerine yansımasını somut verilerle tartışarak sektörel bir perspektif ortaya koymayı hedeflemektedir. Araştırma kapsamında nitel içerik analizi kullanılmıştır. Her iki markanın Instagram hesapları, kurumsal haber akışları, Kamuyu Aydınlatma Platformu (KAP) bildirimleri ve entegre faaliyet raporları temel alınarak inceleme yapılmıştır. Paylaşılan içerikler, yeşil dönüşüm (sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, geri dönüşüm, su tasarrufu, yeşil lojistik/taşımacılık, yeşil inovasyon/ürün tasarımı) ve dijital dönüşüm (bulut teknolojisi, veri analitiği/büyük veri, robotik süreç otomasyonu, siber güvenlik yapay zeka, IoT/akıllı sistemler, otomasyon, Endüstri 4.0) kategorileri altında incelenmiştir. 01.10.2025-31.03.2026 tarihleri arasını kapsayan veriler üzerinden yapılan analizde, markaların bu iki dönüşüm ekseni arasında nasıl bir denge kurduğu ve hangi temanın başat bir role sahip olduğu karşılaştırmalı ortaya konulmuştur. Araştırmanın bulguları, Vestel'in dijital yetkinliği yeşil faydaya dönüştürerek, Arçelik'in ise yeşil hedeflere ulaşmak için dijitalden yararlanarak ikiz dönüşüm dengesini sağladığını göstermektedir. Bu bağlamda kurumsal iletişim perspektifinden değerlendirildiğinde Arçelik daha çok sürdürülebilirlik eksenli, veri temelli, regülasyon odaklı bir iletişim stratejisi benimserken, Vestel ise dijitalleşme ve teknolojik dönüşümü sürdürülebilirlik ile entegre eden bütüncül bir "ikiz dönüşüm" anlatısı sunmaktadır. Ayrıca Vestel'in ikiz dönüşüm kavramını iletişimsel olarak daha görünür kıldığı, Arçelik'in ise bu dönüşümün özellikle yeşil boyutunda daha derinlikli bir içerik üretimi gerçekleştirdiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: İkiz Dönüşüm, Kurumsal İletişim, Sürdürülebilirlik, Dijitalleşme, İçerik Analizi.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, betul.c.sener@bozok.edu.tr

Abstract

The concept of the "twin transition", which has emerged in recent years and gained popularity through the European Green Deal and sustainability targets, is a strategic paradigm that is evident across all sectors. Brands that embrace this paradigm—which defines the simultaneous management of digitalisation and sustainability—are integrating the twin transition into their social, economic and industrial processes, thereby fulfilling both economic and ecological responsibilities and, as a result, creating new and forward-looking business models. Consequently, brands must undertake their organisational transformation by combining new business models with digitalisation and sustainability through a holistic approach; for the incorporation of the twin transformation approach into corporate communication strategies is crucial for building stakeholder trust, strengthening corporate reputation and gaining a competitive advantage. In this context, how brands communicate their twin transformation strategies to stakeholders and how they represent themselves through corporate communication channels is of critical importance. With this in mind, the aim of this study is to examine how Arçelik and Vestel—two leading players in Türkiye's technology sector—communicate their twin transition processes to their stakeholders through corporate communication tools. Furthermore, the research aims to present a sector-specific perspective by discussing, with concrete data, how the concept of twin transition is reflected in brands' corporate communication processes within the corporate communication literature. Qualitative content analysis was employed within the scope of the research. The analysis was based on both brands' Instagram accounts, corporate news feeds, Public Disclosure Platform (KAP) notifications and integrated activity reports. The shared content was examined under the categories of green transformation (sustainability, energy efficiency, recycling, water conservation, green logistics/transport, green innovation/product design) and digital transformation (cloud technology, data analytics/big data, robotic process automation, cybersecurity, artificial intelligence, IoT/smart systems, automation, Industry 4.0). An analysis based on data covering the period from 1 October 2025 to 31 March 2026 has revealed, through a comparative examination, how brands strike a balance between these two axes of transformation and which theme plays a dominant role. The findings of the research indicate that Vestel achieves this dual transformation balance by converting digital capabilities into green benefits, whilst Arçelik does so by leveraging digital technology to achieve green targets. In this context, when evaluated from a corporate communications perspective, Arçelik adopts a communication strategy centred on sustainability, data-driven and regulation-focused, whilst Vestel presents a holistic "twin transition" narrative that integrates digitalisation and technological transformation with sustainability. Furthermore, it can be said that Vestel makes the concept of twin transition more visible in its communications, whilst Arçelik produces more in-depth content, particularly regarding the green dimension of this transition.

Keywords: Twin Transition, Corporate Communication, Sustainability, Digitalization, Content Analysis.

YEŞİL VE DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN TOPLUMSAL ALGISI: EKŞİ SÖZLÜK ÖRNEĞİ

PUBLIC PERCEPTION OF GREEN AND DIGITAL TRANSFORMATION: THE CASE OF EKŞİ SÖZLÜK

Dr. Öğr. Üyesi Mürüvvet ÇIKIN[1]

Özet

İkiz dönüşümün iki temel boyutu olan yeşil dönüşüm ve dijital dönüşüm, literatüre yeni kavramlar kazandırmıştır. Çevresel boyutta, sürdürülebilirlik, kaynakların verimli kullanımı ve çevresel etkilerin azaltılması bağlamında döngüsel bir yaklaşımı temsil ederken; dijital dönüşüm, teknolojik yeniliklerin çevresel etkileri en aza indirecek biçimde uygulanmasını ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Bu çerçevede, dijital platformlardaki kullanıcı yorumları, "sürdürülebilirlik" ve "endüstri 4.0" kavramlarının toplumsal algısını ortaya koymakta ve ikiz dönüşüm çalışmalarında kullanıcı perspektifinin değerini vurgulamaktadır. Bu çalışma söz konusu kavramlara ilişkin kullanıcı algılarını inceleyerek söylemsel ve tematik yapıları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada nitel içerik analizi yöntemi uygulanmış ve Ekşi Sözlük platformunda en az iki beğeni almış 50'şer entry analiz edilmiştir. Analiz sürecinde benzer ifadeler kategorize edilerek bir kodlama cetveli oluşturulmuştur. Çalışmada, sürdürülebilirlik ve endüstri 4.0 kavramlarına ilişkin kullanıcı yorumları dörter ana tema altında incelenmiştir. Sürdürülebilirlik kapsamında öne çıkan temalar şunlardır: İlk olarak, kavramsal farkındalık, kullanıcıların sürdürülebilirliği doğru uygulayan ve hem çevresel hem ekonomik boyutlarını vurgulayan, gündelik yaşamda uygulanabilir yaklaşımlar olarak tanımladığı ifadeleri kapsar. İkinci olarak, sistem eleştirisi, çevre sorunlarının sorumluluğunu bireylerden ziyade şirketler ve üretim süreçlerinde gördüklerini ifade eden yorumları içerir. Üçüncü tema olan söylem–gerçeklik ayrımı, çevresel uygulamaların çoğunlukla göstermelik olduğu ve bir tür "göz boyama" pratiği olarak değerlendirildiğini ortaya koyar. Son olarak, bireysel eylemin sınırı, bireysel çabaların çevresel sorunların çözümünde yetersiz kaldığını ve daha kapsamlı, yapısal değişimlerin gerektiğini vurgulayan yorumları kapsar. Endüstri 4.0 bağlamında ise temalar şu şekilde belirlenmiştir: Kavramsal farkındalık, kullanıcıların endüstri 4.0'ı nasıl tanımladıkları ve kavradıklarına dair yorumları içerir. Ekonomik/iş modeli algısı, kavramın iş dünyası, ekonomi ve istihdama etkileri ile veri odaklı yeni iş modellerine ilişkin söylemleri kapsar. Sosyal/politik endişeler, endüstri 4.0'ın toplumsal, politik ve etik etkilerine dair kullanıcı yorumlarını içerir. Son tema olan eleştirel yaklaşımlar, endüstri 4.0'ın uygulanabilirliği, yenilikçiliği ve ekonomik sistemdeki rolü hakkında şüpheci veya eleştirel görüşleri yansıtır. Araştırma bulgularına göre, ikiz dönüşümün çevresel ayağını oluşturan sürdürülebilirlik ve dijital ayağını oluşturan endüstri 4.0 kavramlarının sözlük yazarları nezdinde güçlü bir söylemsel görünürlüğe sahip olmasına rağmen pratikte güvenilir ve etkili olma durumunun sorgulandığı hem fırsat hem de belirsizlik unsurlarının bir arada algılandığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Dönüşüm, Dijital Dönüşüm, Sürdürülebilirlik, Endüstri 4.0, Ekşi Sözlük.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, muruvvet.cikin@bozok.edu.tr

Abstract

The twin transformation's two fundamental dimensions—the green transition and the digital transition—have introduced new concepts to the literature. In the environmental dimension, the green transition represents a circular approach in the context of sustainability, the efficient use of resources, and the reduction of environmental impacts; the digital transition, meanwhile, ensures that technological innovations are implemented in a way that minimises environmental impacts and promotes the more efficient use of resources. Within this framework, user comments on digital platforms reveal the social perception of the concepts of 'sustainability' and 'Industry 4.0' and highlight the value of the user perspective in twin transition studies. This study aims to analyse the discursive and thematic structures by examining user perceptions regarding these concepts. The study employed a qualitative content analysis method, analysing 50 entries each from the Ekşi Sözlük platform that had received at least two 'likes'. During the analysis process, similar expressions were categorised to create a coding scheme. In the study, user comments regarding the concepts of sustainability and Industry 4.0 were examined under four main themes. The themes that emerged under the umbrella of sustainability are as follows: Firstly, conceptual awareness encompasses statements in which users define sustainability as approaches that are correctly implemented and emphasise both its environmental and economic dimensions, and are applicable in everyday life. Secondly, the critique of the system includes comments suggesting that responsibility for environmental problems lies with companies and production processes rather than with individuals. The third theme, the discourse–reality divide, reveals that environmental practices are largely seen as tokenistic and regarded as a form of 'window-dressing'. Finally, the limits of individual action encompasses comments emphasising that individual efforts are insufficient to solve environmental problems and that more comprehensive, structural changes are required. In the context of Industry 4.0, the themes have been defined as follows: Conceptual awareness includes comments on how users define and understand Industry 4.0. Economic/business model perception encompasses discourse on the concept's impacts on the business world, the economy and employment, as well as data-driven new business models. Social/political concerns include user comments regarding the social, political and ethical impacts of Industry 4.0. The final theme, critical approaches, reflects sceptical or critical views regarding the feasibility, innovativeness and role of Industry 4.0 within the economic system. According to the research findings, whilst the concepts of sustainability—which form the environmental pillar of the twin transition—and Industry 4.0—which form the digital pillar—possess strong discursive visibility among lexicographers, it is observed that their reliability and effectiveness in practice are questioned, and that both opportunities and uncertainties are perceived to coexist.

Keywords: Green Transition, Digital Transformation, Sustainability, Industry 4.0, Ekşi Sözlük.

ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ODAKLI PROJE TABANLI ÖĞRENME: İKİZ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED SUSTAINABILITY-ORIENTED PROJECT-BASED LEARNING AMONG GIFTED STUDENTS: A TWIN TRANSFORMATION PERSPECTIVE IN EDUCATION

İbrahim YILDIZ[1]
Akın KILINÇ[2]

Özet

Bu çalışma, üstün yetenekli öğrencilerin yapay zekâ destekli proje tabanlı öğrenme süreçlerinde sürdürülebilirlik odaklı problem çözme, yaratıcı düşünme ve disiplinlerarası ilişki kurma becerilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Eğitimde dijital dönüşüm ile sürdürülebilirlik ekseninin birlikte ele alınması, öğretim süreçlerinin amaç, içerik ve uygulama boyutlarının yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu çerçevede ikiz dönüşüm yaklaşımı, öğrencilerin teknoloji kullanımına ilişkin yeterlikleri ile çevresel ve toplumsal sorunlara yönelik çözüm üretme kapasiteleri arasındaki ilişkiyi görünür kılmaktadır. Araştırmanın temel problemi, üstün yetenekli öğrencilerin yapay zekâ destekli öğrenme süreçlerinde sürdürülebilirlik temelli proje geliştirme eğilimlerinin ve bu süreçte ortaya koydukları yaratıcı problem çözme davranışlarının hangi düzeyde ve ne tür örüntüler içinde biçimlendiğidir.

Araştırma, betimsel tarama modeli ile nitel gözlem yaklaşımının bir arada kullanıldığı karma özellikli bir desen çerçevesinde yapılandırılmıştır. Çalışma grubunu Bilim ve Sanat Merkezi'nde öğrenim gören üstün yetenekli öğrenciler oluşturmaktadır. Veri toplama sürecinde öğrenci anketi ile yapılandırılmış gözlem formundan yararlanılacaktır. Anket aracılığıyla öğrencilerin yapay zekâ kullanımına ilişkin görüşlerinin, sürdürülebilirlik farkındalıklarının, proje geliştirme motivasyonlarının ve problem çözme yaklaşımlarının belirlenmesi hedeflenmektedir. Gözlem formu aracılığıyla ise öğrencilerin sürdürülebilirlik temalı proje çalışmalarında yapay zekâ araçlarını kullanma biçimleri, iş birliği düzeyleri, özgün çözüm üretme eğilimleri ve süreç içi katılım durumları izlenecektir. Nicel verilerin betimsel istatistiklerle, nitel verilerin ise tematik analiz yoluyla çözümlenmesi öngörülmektedir.

Araştırmadan elde edilmesi beklenen bulgular, üstün yetenekli öğrencilerin yapay zekâ destekli proje süreçlerinde sürdürülebilirlik temelli problemlere yenilikçi, çok boyutlu ve veriye dayalı çözümler geliştirmeye eğilimli olduklarını göstermektedir. Öğrencilerin yapay zekâyı fikir oluşturma, çözüm seçeneklerini çeşitlendirme, planlama yapma ve proje sürecini düzenleme aşamalarında işlevsel bir araç olarak değerlendirdikleri düşünülmektedir. Çalışmanın, üstün yetenekli öğrencilerde yapay zekâ kullanımının sürdürülebilirlik odaklı proje geliştirme süreçleri üzerindeki etkisini anket ve gözlem verileri üzerinden ortaya koyması beklenmektedir. Araştırmanın eğitimde ikiz dönüşüm tartışmalarına uygulanabilir bir değerlendirme çerçevesi sunacağı ve üstün yeteneklilerin eğitimi, yapay zekâ destekli öğrenme ortamları ile sürdürülebilirlik odaklı pedagojik tasarımlar arasındaki ilişkiye katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Üstün Yetenekli Öğrenciler, Yapay Zekâ, Sürdürülebilirlik, Proje Tabanlı Öğrenme, İkiz Dönüşüm.

[1] ibrahimyildiz5558@icloud.com
[2] Milli Eğitim Bakanlığı/BİLSEM, akinkilinc71@gmail.com

Abstract

This study aims to examine gifted students' sustainability-oriented problem-solving, creative thinking, and interdisciplinary reasoning skills within artificial intelligence-supported project-based learning processes. Addressing digital transformation and sustainability within a common educational framework necessitates a reconsideration of the aims, content, and implementation dimensions of teaching and learning processes. From this perspective, the twin transformation approach renders visible the relationship between students' competencies in the use of technology and their capacities to generate solutions to environmental and social problems. The main problem of the study concerns the extent to which gifted students' tendencies to develop sustainability-based projects and the creative problem-solving behaviours they display in artificial intelligence-supported learning processes are formed, as well as the patterns through which these tendencies and behaviours emerge.

The research is structured within a mixed design combining a descriptive survey model and a qualitative observation approach. The study group consists of gifted students attending a Science and Art Center. Data will be collected through a student questionnaire and a structured observation form. The questionnaire is intended to identify students' views on the use of artificial intelligence, their awareness of sustainability, their motivation to develop projects, and their approaches to problem-solving. The observation form will be used to monitor how students employ artificial intelligence tools in sustainability-themed project work, their level of collaboration, their tendency to produce original solutions, and their participation throughout the process. Quantitative data are expected to be analysed through descriptive statistics, whereas qualitative data will be examined by means of thematic analysis.

The expected findings suggest that gifted students tend to develop innovative, multidimensional, and data-based solutions to sustainability-related problems in artificial intelligence-supported project processes. It is anticipated that students regard artificial intelligence as a functional tool in generating ideas, diversifying solution options, planning, and organising project work. The study is expected to reveal the effects of artificial intelligence use on sustainability-oriented project development processes among gifted students on the basis of questionnaire and observation data. It is considered that the research will offer an applicable evaluative framework for discussions on twin transformation in education and contribute to the relationship among gifted education, artificial intelligence-supported learning environments, and sustainability-oriented pedagogical designs.

Keywords: Gifted Students, Artificial İntelligence, Sustainability, Project-Based Learning, Twin Transformation

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAĞLAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR VE DİRENÇLİ KENTLER İÇİN GRİ SU ARITMA SİSTEMLERİNİN ÖNEMİ

THE IMPORTANCE OF GREYWATER SYSTEMS FOR SUSTAINABLE AND RESILIENT CITIES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Ahmet GEMİCİ[1]
Prof. Dr. Serpil SAVCI[2]

Özet

İklim değişikliği, özellikle kentlerde artan nüfus yoğunluğu, düzensiz yağış rejimleri, kuraklıklardaki artış ve su kaynakları üzerindeki baskının yoğunlaşması gibi etkilerle kendini göstermekte; bu durum kentsel su yönetimi yaklaşımlarının yeniden ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Atık su arıtma tesisleri, iklimsel belirsizlikler karşısında yetersiz kalmakta; bu nedenle alternatif, esnek ve döngüsel su yönetimi stratejilerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir ve dirençli kentlerin oluşturulmasında gri su arıtma sistemleri önemli bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Gri su, banyo, lavabo ve çamaşır yıkama gibi evsel kullanımlardan kaynaklanan ve ileri arıtma gerektirmeden yeniden kullanılabilme potansiyeline sahip atık su türü olarak tanımlanmakta olup, özellikle kentsel ölçekte su tüketiminin azaltılması ve suyun yeniden kullanımı açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Gri su sistemleri, su kaynakları üzerindeki baskıyı hafifletmekte, aynı zamanda atık su miktarını düşürerek altyapı sistemlerinin yükünü azaltmaktadır. Bu yönüyle, hem kaynak verimliliği hem de altyapı sürdürülebilirliği açısından bütüncül bir çözüm sunmaktadır. Bu çalışma, gri su sistemlerinin sürdürülebilir ve dirençli kentler bağlamında kentsel planlama disiplini içerisindeki yerini çok boyutlu olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, gri su sistemlerinin mekânsal planlama süreçlerine entegrasyonu; arazi kullanımı kararları, altyapı planlaması ve su duyarlı kentsel tasarım yaklaşımları çerçevesinde ele alınmaktadır. Ayrıca, bu sistemlerin iklim değişikliğine uyum stratejileri ile ilişkisi incelenmekte; su talebinin yönetimi, kentsel ekosistemlerin korunması ve kentsel dirençliliğin artırılması üzerindeki etkileri tartışılmaktadır. Bununla birlikte, gri su sistemlerinin yaygınlaştırılmasının önünde bulunan yönetsel, yasal, teknik ve toplumsal engeller de değerlendirme kapsamına alınmaktadır. Mevcut mevzuatın yetersizliği, uygulama maliyetleri, teknik bilgi eksikliği ve kullanıcı farkındalığının sınırlı olması gibi faktörler, bu sistemlerin kentsel ölçekte uygulanabilirliğini sınırlayan temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda, teşvik mekanizmaları ve farkındalık artırıcı politikaların önemi vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, gri su arıtma sistemlerinin sürdürülebilir ve dirençli kentlerin geliştirilmesinde kritik bir bileşen olduğu; su kaynaklarının etkin yönetimi, altyapı sistemlerinin esnekliğinin artırılması ve iklim değişikliğine uyum kapasitesinin güçlendirilmesi açısından önemli katkılar sunduğu değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, gri su sistemlerinin kentsel planlama politikalarına entegre edilmesi, çok ölçekli ve disiplinler arası bir yaklaşım ile ele alınmalı; su yönetimi, mekânsal planlama ve iklim politikaları arasında güçlü bir ilişki kurulmalıdır. Böylece, geleceğin kentlerinin daha sürdürülebilir, dirençli ve kaynak verimliliği yüksek yapılar olarak şekillendirilmesi mümkün olacaktır. Bu çalışmada gri su arıtma sistemlerinin iklim değişikliği ve kentsel dirençlilik bağlamında önemi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Gri su, Kentsel planlama, Sürdürülebilirlik, Arıtma.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, gemicia17@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, serpil.savci@yobu.edu.tr

Abstract

Climate change manifests itself particularly through increasing population density in cities, irregular precipitation patterns, rising frequency of droughts, and the intensification of pressure on water resources; this situation necessitates the reconsideration of urban water management approaches. Traditional centralized water and wastewater systems are becoming insufficient in the face of increasing demand and climatic uncertainties; therefore, the need for alternative, flexible, and circular water management strategies is steadily increasing. In this context, greywater systems emerge as an important tool in the development of sustainable and resilient cities. Greywater is defined as wastewater originating from domestic uses such as baths, sinks, and laundry, which has the potential to be reused without requiring advanced treatment; it offers significant opportunities, particularly in reducing water consumption at the urban scale and enabling the recirculation of water. Greywater systems reduce the use of potable-quality water, thereby alleviating pressure on water resources, while also decreasing the volume of wastewater and reducing the load on infrastructure systems. In this respect, they provide a holistic solution in terms of both resource efficiency and infrastructure sustainability. This study aims to evaluate the role of greywater systems within the discipline of urban planning in the context of sustainable and resilient cities in a multidimensional manner. In the study, the integration of greywater systems into spatial planning processes is addressed within the framework of land use decisions, urban density, infrastructure planning, and water-sensitive urban design approaches. Additionally, the relationship between these systems and climate change adaptation strategies is examined; the impacts on water demand management, the protection of urban ecosystems, and the enhancement of urban resilience are discussed. Furthermore, the administrative, legal, technical, and social barriers to the widespread adoption of greywater systems are also evaluated. Factors such as the inadequacy of existing regulations, implementation costs, lack of technical knowledge, and limited user awareness emerge as the main constraints limiting the applicability of these systems at the urban scale. In this regard, the importance of multi-actor governance models, incentive mechanisms, and awareness-raising policies is emphasized. In conclusion, greywater systems are considered a critical component in the development of sustainable and resilient cities; they provide significant contributions in terms of efficient water resource management, increasing the flexibility of infrastructure systems, and strengthening climate change adaptation capacity. In this context, the integration of greywater systems into urban planning policies should be addressed through a multi-scalar and interdisciplinary approach; a strong relationship should be established between water management, spatial planning, and climate policies. Thus, it becomes possible to shape the cities of the future as more sustainable, resilient, and resource-efficient structures.

Keywords: Climate change, Greywater systems, Urban planning, Sustainable cities, Resilient cities

$b\bar{c}$ SPEKTRUMUNUN VMC VE MAKİNE ÖĞRENİMİ ANALİZİ

VMC AND MACHINE-LEARNING STUDY OF THE $b\bar{c}$ SPECTRUM

Dr. Öğr. Üyesi Tarık AKAN[1]

Özet

Bu çalışmada, $b\bar{c}$ hadronik durumlarının spin-ortalamalı spektrumu incelenmektedir. Söz konusu sistem, ağır hadron fiziğinin önemli araştırma alanlarından birini oluşturmakta olup, hem temel durumların hem de uyarılmış durumların güvenilir biçimde belirlenmesi kuramsal açıdan özel bir önem taşımaktadır. Bu amaçla, Varyasyonel Monte Carlo (VMC) ve makine öğrenmesi yaklaşımlarını bir araya getiren bütünleşik bir çerçeve kullanılmaktadır. Çalışmanın temel hedefi, Cornell tipi bir potansiyel altında ilgili enerji düzeylerini hesaplamak, potansiyel parametre uzayını daha verimli biçimde taramak ve toplam hesaplama maliyetini azaltmaktır.

İlk aşamada, VMC yöntemi kullanılarak fiziksel olarak anlamlı deneme dalga fonksiyonları kurulmakta ve bunlara karşılık gelen enerji beklenti değerleri hesaplanmaktadır. Bu sayede sistemin farklı potansiyel parametreleri altındaki davranışı izlenebilmekte, kararlı bölgeler belirlenebilmekte ve enerji seviyelerinin parametre değişimlerine duyarlılığı ortaya konulabilmektedir. Bu çerçevede, spektrumun potansiyel parametrelerindeki küçük değişimlere verdiği tepkinin nicel olarak izlenmesi, fiziksel olarak kabul edilebilir parametre bölgelerinin daha güvenilir biçimde ayrıştırılmasına da olanak tanımaktadır. İkinci aşamada ise, potansiyel parametreleri ile enerji düzeyleri arasındaki ilişkiyi öğrenebilen makine öğrenmesi modelleri devreye alınmaktadır. Böylece geniş parametre uzayında hızlı kestirimler yapılabilmekte, düşük hata bölgeleri saptanabilmekte ve hesaplama süreci daha sistematik biçimde yönlendirilebilmektedir. Ayrıca, hesaplamalardan elde edilen örnekler aracılığıyla enerji sapmaları, parametre bağımlılıkları ve modellerin genellenebilirliği de birlikte değerlendirilmektedir.

Çalışmanın öne çıkan yönü, Monte Carlo tabanlı fiziksel modelleme ile veri odaklı öğrenme araçlarını aynı hesaplama düzeni içinde birleştirmesidir. Bu yaklaşım, temel durum çevresindeki kalibrasyonun üst enerji düzeylerine etkisini izlemeye, artıkların değerlendirilmesine ve deneysel merkez değerlerle uyumlu parametre bölgelerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Elde edilecek sonuçların, $b\bar{c}$ hadronik durumlarının spektrumunun incelenmesine katkı sunması, benzer ağır kuark sistemleri için yeni hesaplama stratejileri geliştirilmesine yardımcı olması ve gelecekte spin-bağımlı düzeltmeleri içeren daha kapsamlı modellere temel oluşturması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, KRD, Hadronlar, Monte Carlo

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, tarik.akan@bozok.edu.tr

Abstract

In this study, the spin-averaged spectrum of $b\bar{c}$ hadronic states is investigated. This system constitutes one of the key research areas in heavy hadron physics, and the reliable determination of both ground states and excited states is of particular theoretical importance. To this end, an integrated framework combining Variational Monte Carlo (VMC) and machine learning approaches is employed. The primary objective of the study is to calculate the relevant energy levels under a Cornell-type potential, to scan the potential parameter space more efficiently, and to reduce the total computational cost.

In the first stage, physically meaningful trial wave functions are constructed using the VMC method, and the corresponding energy expectation values are calculated. This allows the system's behaviour under different potential parameters to be monitored, stable regions to be identified, and the sensitivity of energy levels to parameter variations to be demonstrated. In this context, the quantitative monitoring of the spectrum's response to small changes in its potential parameters also enables the more reliable identification of physically plausible parameter regions. In the second stage, machine learning models capable of learning the relationship between potential parameters and energy levels are employed. This enables rapid estimations across the vast parameter space, the identification of low-error regions, and the systematic guidance of the computational process. Furthermore, energy deviations, parameter dependencies and the generalisability of the models are also evaluated using samples obtained from the calculations.

A key feature of the study is the integration of Monte Carlo-based physical modelling with data-driven learning tools within the same computational framework. This approach enables the monitoring of the effect of calibration around the ground state on higher energy levels, the evaluation of residuals, and the identification of parameter regions consistent with experimental central values. It is anticipated that the results obtained will contribute to the investigation of the spectrum of $b\bar{c}$ hadronic states, assist in the development of new computational strategies for similar heavy quark systems, and form the basis for more comprehensive models incorporating spin-dependent corrections in the future.

Keywords: Machine Learning, QCD, Hadrons, Monte Carlo

P-MEZON İÇİN QCD TOPLAM KURALI ANALİZİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE DESTEKLENMESİ

MACHINE LEARNING-ASSISTED ANALYSIS OF THE QCD SUM RULE FOR THE ρ MESON

Dr. Öğr. Üyesi Tarık AKAN[1]
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali OLPAK[2]

Özet

Bu çalışma, KRD toplam kuralları çerçevesinde ρ-mezon kanalının istatistiksel ve hesaplamalı bakımdan daha güvenilir biçimde incelenmesini amaçlamaktadır. KRD toplam kuralları, hadron özelliklerini kuark ve gluon serbestlik dereceleri üzerinden değerlendiren güçlü bir kuramsal yöntemdir. Bununla birlikte, elde edilen sonuçlar vakum kondensatlarının belirsizlikleri, operatör çarpım açılımının sonlu mertebede kesilmesi, süreklilik eşiğinin seçimi ve uygun Borel penceresinin belirlenmesi gibi etkenlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle, yöntemin yalnızca merkezi değerler üzerinden değil, belirsizlik yapısı ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bildiride, ρ-mezon için gerçekleştirilen Monte Carlo tabanlı toplam kural analizi, makine öğrenmesi yöntemleri ile desteklenerek daha sistematik, daha hızlı ve daha yorumlanabilir bir inceleme çerçevesine dönüştürülmektedir. İlk aşamada, KRD girdileri belirli belirsizlik aralıkları içinde örneklenmekte, çok sayıda Monte Carlo veri kümesi üretilmekte ve her örnek için Borel parametresi ile süreklilik eşiği parametrelerine bağlı olarak KRD toplam kurallarının geçerlilik ve kararlılık bölgeleri belirlenmektedir.

Çalışmada makine öğrenmesi, yalnızca yardımcı bir sayısal araç olarak değil, Monte Carlo ile elde edilen fiziksel yapıyı öğrenen ve yeniden üreten temel bir analiz bileşeni olarak kullanılmaktadır. Monte Carlo çıktıları etiketli veri kümesine dönüştürülmekte ve böylece makine öğrenmesi modelleri, (M^2, s_0) düzlemindeki geçerli bölgeleri tanımak, karar sınırlarını öğrenmek, parametre taramalarını hızlandırmak ve hangi değişkenlerin sonuçlar üzerinde daha etkili olduğunu ortaya koymak amacıyla değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım sayesinde, geleneksel KRD toplam kuralları analizine ek olarak daha hızlı kestirim yapılabilmekte, geniş parametre uzayları daha verimli biçimde incelenebilmekte ve sonuçların duyarlılık yapısı daha ayrıntılı biçimde yorumlanabilmektedir. Sonuç olarak, önerilen çerçeve, KRD toplam kurallarında makine öğrenmesinin fiziksel yorumu destekleyen, hesaplama verimliliğini artıran ve Monte Carlo analizini güçlendiren etkili bir araç olarak kullanılabildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, KRD, KRD Toplam Kuralları, Hadronlar, Monte Carlo

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, tarik.akan@bozok.edu.tr
[2] Türk Hava kurumu Üniversitesi, maolpak@thk.edu.tr

Abstract

This study aims to investigate the ρ-meson channel in a more statistically and computationally robust manner within the framework of the QCD sum rules. The QCD sum rules are a powerful theoretical method for evaluating hadron properties in terms of quark and gluon degrees of freedom. However, the results obtained are significantly influenced by factors such as the uncertainties of vacuum condensates, the truncation of the operator product expansion to a finite order, the choice of the continuity threshold, and the determination of an appropriate Borel window. Therefore, the method must be evaluated not only based on central values but also in conjunction with the uncertainty structure. In this paper, the Monte Carlo-based sum rules analysis performed for the ρ-meson is transformed into a more systematic, faster and more interpretable framework by incorporating machine learning methods. In the first stage, QCD inputs are sampled within specific uncertainty intervals, a large number of Monte Carlo data sets are generated, and the validity and stability regions of the sum rules are determined for each sample based on the Borel parameter and the continuity threshold parameters.

In this study, machine learning is utilised not merely as an auxiliary numerical tool, but as a fundamental analytical component that learns and reproduces the physical structure obtained via Monte Carlo. Monte Carlo outputs are converted into a labelled dataset, and machine learning models are thus evaluated to identify valid regions in the (M^2, s_0) plane, learn decision boundaries, accelerate parameter sweeps, and reveal which variables have a greater influence on the results. Thanks to this approach, faster estimates can be made in addition to traditional QCD sum rules analysis, large parameter spaces can be explored more efficiently, and the sensitivity structure of the results can be interpreted in greater detail. Consequently, the proposed framework demonstrates that machine learning can be used as an effective tool in QCD sum rules that supports the physical interpretation, enhances computational efficiency, and strengthens Monte Carlo analysis.

Keywords: Machine Learning, QCD, QCD Sum Rules, Hadrons, Monte Carlo

ÖZEL GÜVENLİK GÖREVLİLERİNİN EĞİTİM DÜZEYİ SORUNSALI: ÖN LİSANS MEZUNİYETİ VE KURS TEMELLİ SERTİFİKASYON SİSTEMİNİN MESLEKİ YETERLİLİKTE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

THE PROBLEMATIC OF EDUCATION LEVEL IN PRIVATE SECURITY OFFICER: THE SUSTAINABILITY OF ASSOCIATE DEGREE GRADUATION AND COURSE-BASED CERTIFICATION SYSTEMS IN PROFESSIONAL COMPETENCE

Öğr. Gör. Yeliz BULUT[1]
Öğr. Gör. Fatih TAŞTAN[2]
Öğr. Gör. Güldal DOLU[3]

Özet

Küreselleşme süreciyle birlikte, ekonomik, toplumsal, teknolojik gelişme ve kentleşmenin etkisiyle güvenlik hizmetleri giderek karmaşık ve çok boyutlu bir yapıya dönüşmüştür. Bu durum kamu güvenliğinin sağlanmasında genel kolluk kuvvetlerinin kapasitesinin tek başına yeterli olmamasına yol açmış ve güvenlik hizmetlerinin tamamlayıcı bir unsuru olarak özel güvenlik sektörüne duyulan ihtiyacın belirgin biçimde artmasına neden olmuştur. Toplumsal risklerin artması, tehdit unsurlarının çoğalması, toplumsal beklentilerin güvenlik hizmetleri alanında değişmesi, özel güvenlik görevlilerinin mesleki yeterliliklerinin niteliğindeki yeni tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Bu yönüyle, hizmet verimliliği ve etkinliği açısından özel güvenlik görevlilerinin eğitim seviyesi, belirleyici bir öğe olarak karşımıza çıkmaktadır. Her alanda olduğu gibi güvenlik hizmetlerinde de profesyonelleşme eğilimlerinin artması, bu alanda standartlaşma ve kalitenin yükselmesi talebini de beraberinde getirmiştir. Globalleşen dünyada özel güvenlik görevlilerinin eğitim yapısının, değişen dinamikler doğrultusunda yeniden değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Günümüzde güvenlik hizmetleri, yalnızca fiziksel koruma faaliyetleriyle sınırlı kalmayan, çok boyutlu bir yapıya dönüşmüştür. Bu alan artık risklerin önceden analiz edilmesi, kriz durumlarında etkin müdahale edilmesi ve toplumsal düzenin sürdürülebilirliğine katkı sağlanması gibi stratejik işlevleri de kapsamaktadır. Bu dönüşüm, özel güvenlik görevlilerinin sahip olması gereken bilgi, beceri ve yetkinliklerin niteliği, mesleki eğitim düzeyi ile profesyonel yeterlilik konularını akademik ve sektörel tartışmaların merkezine taşımıştır.

Özel güvenlik görevlilerinin eğitim düzeyi, yalnızca bireysel yeterlilikler açısından değil, aynı zamanda toplumsal güvenlik anlayışının niteliği açısından da kritik bir öneme sahiptir. Özel güvenlik alanında eğitim süreçleri formal eğitim (örneğin ön lisans programları) ve kısa süreli kurslara dayalı sertifikasyon sistemleri ekseninde şekillenmektedir. Ön lisans mezuniyeti ile kurs temelli sertifikasyon sistemleri arasındaki farklılıklar, mesleki yeterliliklerin niteliği ve sürdürülebilirliği üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Ön lisans düzeyinde teorik bilgi ve uygulamalı eğitim müfredatı uygulanırken; kurs temelli sertifikasyon sistemlerinde kısa süre içerisinde temel yeterliliklerin kazandırılması hedeflenmektedir. Bu iki eğitim sistemi arasındaki fark yalnızca eğitim süresi ile sınırlı olmayıp, mesleki yeterliliklerin kalitesi, niteliği ve özel güvenlik görevlilerinin yetkinlik düzeyi üzerine odaklanmaktadır.

Mesleki yeterlilik, bireyin bir mesleği etkin biçimde yerine getirebilmesi için gerekli bilgi, beceri ve tutumları kapsayan bir kavram olarak tanımlanmaktadır. Sertifikasyon temelli kısa süreli kurslar çoğu zaman yalnızca asgari düzeyde yeterlilik sağlaması nedeniyle eleştirilmekte, bu da özellikle güvenliğin çok bilinmeyenli bir denklem haline geldiği durumlarda karar alma süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir. Buna karşılık, sürdürülebilir, uzun vadeli ve sistematik eğitim programlarının mesleki kimlik oluşumunu güçlendirdiği vurgulanmaktadır.

Sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında, mesleki yeterliliklerin zaman içinde güncellenmesi ve yeniden üretilmesi zorunludur. Teknolojik gelişmeler, güvenlik tehditlerinin çeşitlenmesi ve toplumsal beklentilerdeki değişim, özel güvenlik görevlilerinin mesleki yeterliliklerini sürekli olarak güncellemelerini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, formal eğitim süreçleri, söz konusu yetkinliklerin daha sistematik ve nitelikli biçimde

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, yeliz.bulut@yobu.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, fatih.tastan@yobu.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, guldal.dolu@yobu.edu.tr

kazandırılmasına olanak sağlamaktadır. Kısa süreli bu kurs temelli sertifikasyon eğitim sisteminin özel güvenlik mesleğinin icrasında yeterli olup olmadığı, günümüzde önemli bir tartışma konusu haline gelmiştir. Dolayısıyla, eğitim düzeyinin mesleki yeterlilik üzerindeki etkisinin incelenmesi, güvenlik hizmetlerinin kalitesini artırmaya yönelik akademik ve toplumsal açıdan önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

Araştırmanın evrenini, Türkiye'de görev yapan özel güvenlik görevlileri oluşturmaktadır. Örneklem ise farklı kurumlarda çalışan ve hem kurs temelli sertifikasyona sahip hem de ön lisans mezunu güvenlik görevlilerinden seçilecek katılımcılardan meydana gelecektir.

Araştırmada kullanılacak ölçeklerle mesleki yeterlilik, mesleki gelişim ve eğitim sistemine yönelik algı ölçülecektir. Veriler, araştırmacı tarafından oluşturulan anket formu aracılığıyla toplanacaktır. Anket iki bölümden oluşacaktır: Veriler toplanırken demografik bilgiler (yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi vb.) ve Likert tipi ölçeklerden oluşan sorular kullanılacaktır. Araştırmanın verileri SPSS (Statistical Package for Social Sciences) istatistik analiz programı kullanılarak değerlendirilecektir.

Bu çalışmanın bulgularının, özel güvenlik sektöründe eğitim politikalarının yeniden değerlendirilmesine katkı sağlaması ve mesleki standartların yükseltilmesine yönelik öneriler geliştirilmesine zemin hazırlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Özel Güvenlik, Mesleki Yeterlilik, Kurs Temelli Sertifikasyon Eğitim Sistemi, Özel Güvenlik Eğitimi

Abstract

With the process of globalization, security services have increasingly evolved into a complex and multidimensional structure under the influence of economic, social, and technological developments, as well as urbanization. This situation has led to the incapacity of general law enforcement agencies alone to adequately ensure public security and has led to a marked increase in the need for the private security sector as a complementary component of security services. The increase in social risks, the proliferation of threats, and the shifting societal expectations regarding security services have also brought about new debates concerning the quality of professional competencies of private security officer. In this regard, the educational level of private security officers emerges as a decisive element in terms of service efficiency and effectiveness. As in all fields, the increasing trend toward professionalization in security services has also brought about a demand for standardization and the enhancement of quality in this sector. In a globalizing world, it is of vital importance to re-evaluate the educational structure of private security officers in line with changing dynamics
Today, security services have evolved into a multidimensional structure that is not limited solely to physical protection activities. This field now also encompasses strategic functions such as the prior analysis of risks, effective intervention in crisis situations, and contributing to the sustainability of social order. This transformation has placed the quality of knowledge, skills, and competencies required of private security officers, as well as their level of vocational training and professional sufficiency, to the center of academic and sectoral discussions.

The education level of private security officers is of critical importance not only in terms of individual competencies but also regarding the quality of the societal security approach. Educational processes in the field of private security are shaped around formal education (e.g., associate degree programs) and certification systems based on short-term courses. The differences between associate degree graduation and course-based certification systems play a decisive role in the quality and sustainability of professional competencies. While associate degree programs implement a curriculum of theoretical knowledge and practical training, course-based certification systems aim to impart fundamental competencies within a short period of time. The difference between these two educational systems is not limited to the duration of training; it also focuses on the quality and nature of professional competencies and the competency level of private security officers.

Professional competence is defined as a concept encompassing the knowledge, skills, and attitudes required for an individual to perform a profession effectively. Short-term, certification-based courses are often criticized for providing only a minimum level of competence, which can negatively affect decision-making processes, particularly in situations where security has become a complex, multi-variable equation. In contrast, it is emphasized that sustainable, long-term, and systematic educational programs strengthen the formation of professional identity

From a sustainability perspective, it is imperative that professional competencies are updated and reproduced over time. Technological advancements, the diversification of security threats, and changes in societal expectations necessitate that private security officers continuously update their professional competencies. In this context, formal education processes enable the systematic and higher-quality acquisition of these competencies.The question of whether this short-term, course-based certification training system is sufficient for the practice of the private security profession has become a significant subject of debate today. Consequently, examining the impact of education level on professional competency constitutes an academically and socially significant research area aimed at improving the quality of security services.

The population of the study consists of private security officers serving in Türkiye. The sample will consist of participants selected from security officers working in various institutions who possess both course-based certification and an associate degree.

The scales to be used in the study will measure professional competence, professional development, and perceptions of the educational system. The data will be collected through a questionnaire prepared by the researcher. The questionnaire will consist of two sections.: Data will be collected using demographic information (e.g., age, gender, education level) and questions consisting of Likert-type scale items. The data of the study will be analyzed using the SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) statistical analysis program.

It is expected that the findings of this study will contribute to the re-evaluation of training policies in the private security sector and provide a basis for developing recommendations aimed at elevating professional standards.

Keywords: Private Security, Professional Competence, Course-Based Certification Training System, Private Security Training

AKILLI OTOMASYON ÜZERİNE
ON SMART AUTOMATION

Dr. Öğr. Üyesi Kübra İpek Özek[1]

Özet

Akıllı otomasyon, Endüstri 4.0 kapsamında gelişen ve geleneksel otomasyon sistemlerine yapay zeka, veri analizi ve öğrenme yeteneklerinin eklenmesiyle ortaya çıkan bir yaklaşımdır. Klasik otomasyon sistemleri belirli kurallar çerçevesinde çalışırken, akıllı otomasyon sistemleri veri analizine dayalı karar verebilmekte ve zamanla kendini optimize edebilmektedir. Sensörler, kontrol sistemleri, aktüatörler ve veri işleme yazılımlarından oluşan bu sistemler; üretim, sağlık, lojistik ve tarım gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle nesnelerin interneti (IoT), büyük veri ve bulut bilişim gibi teknolojiler, akıllı otomasyon sistemlerinin gelişiminde önemli rol oynamaktadır.

Literatürde akıllı otomasyonun verimlilik artışı, hata oranının düşürülmesi ve maliyet avantajı sağlaması gibi katkıları geniş şekilde ele alınmıştır. Bununla birlikte mevcut çalışmaların büyük bir kısmı teknoloji odaklı olup, sistemlerin uygulanabilirliği, entegrasyon süreçleri ve gerçek zamanlı karar mekanizmalarının etkinliği konusunda sınırlı sayıda bütüncül model bulunmaktadır. Ayrıca farklı sektörlerde akıllı otomasyonun performans karşılaştırmalarına yönelik çalışmaların da yeterli olmadığı görülmektedir.

Bu bağlamda, literatürde önemli bir boşluk olarak; akıllı otomasyon sistemlerinin farklı uygulama alanlarında nasıl optimize edileceği, sistemler arası entegrasyonun nasıl sağlanacağı ve karar verme süreçlerinin nasıl geliştirileceği konuları öne çıkmaktadır. Özellikle yapay zeka destekli otonom sistemlerin sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve esneklik açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun yanında, insan-makine etkileşimi ve kullanıcı kabulü gibi sosyal boyutların da daha fazla incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, akıllı otomasyon sistemlerinin mevcut yapısı analiz edilerek literatürdeki eksiklikler ortaya konulmakta ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için kavramsal bir çerçeve önerilmektedir. Özellikle veri temelli karar verme, sistem entegrasyonu ve otonom optimizasyon konularına odaklanan yeni araştırma alanlarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca bu çalışma ile farklı sektörlere uygulanabilir örnek modeller geliştirilmesi de önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı otomasyon, Endüstri 4.0, yapay zeka, IoT, otonom sistemler

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, kubraipek.ozek@yobu.edu.tr

Abstract

Intelligent automation is an approach that has developed within the scope of Industry 4.0 and emerged by adding artificial intelligence, data analysis, and learning capabilities to traditional automation systems. While classical automation systems operate within certain rules, intelligent automation systems can make decisions based on data analysis and optimize themselves over time. These systems, consisting of sensors, control systems, actuators, and data processing software, are widely used in many fields such as manufacturing, healthcare, logistics, and agriculture. Technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and cloud computing play a significant role in the development of intelligent automation systems.

The contributions of intelligent automation, such as increased efficiency, reduced error rates, and cost advantages, have been extensively discussed in the literature. However, a large portion of existing studies are technology-focused, and there are a limited number of holistic models regarding the applicability of systems, integration processes, and the effectiveness of real-time decision-making mechanisms. Furthermore, studies comparing the performance of intelligent automation in different sectors are insufficient.

In this context, a significant gap in the literature is observed; The study highlights how to optimize intelligent automation systems in different application areas, how to ensure system integration, and how to improve decision-making processes. In particular, AI-powered autonomous systems need to be evaluated in terms of sustainability, energy efficiency, and flexibility. Furthermore, it is believed that social dimensions such as human-machine interaction and user acceptance need further investigation.

This study analyzes the current structure of intelligent automation systems, identifies gaps in the literature, and proposes a conceptual framework for future research. The aim is to develop new research areas focusing on data-driven decision-making, system integration, and autonomous optimization. Additionally, this study proposes the development of exemplary models applicable to various sectors.

Keywords: Smart automation, Industry 4.0, artificial intelligence, IoT, autonomous systems

DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKNOLOJİ YOL HARİTASI ÜZERİNE
ON DIGITAL TRANSFORMATION AND TECHNOLOGY ROADMAPS

Dr. Öğr. Üyesi Kübra İpek Özek[1]

Özet

Dijital dönüşüm, işletmelerin iş süreçlerini, organizasyon yapılarını ve iş modellerini dijital teknolojiler aracılığıyla yeniden şekillendirmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç yalnızca teknolojik bir değişim değil, aynı zamanda stratejik ve kültürel bir dönüşümü de içermektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte yapay zeka, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri ve bulut bilişim gibi teknolojiler, dijital dönüşümün temel bileşenleri haline gelmiştir. Bu dönüşüm sürecinde teknoloji yol haritası ve proje portföy yönetimi, işletmelerin doğru teknolojiye doğru zamanda yatırım yapabilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Literatürde dijital dönüşüm süreçleri ve teknoloji yol haritaları ayrı ayrı kapsamlı şekilde ele alınmış olsa da, bu iki kavramın bütünleşik olarak ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle işletmelerin stratejik hedefleri ile teknoloji yatırımları arasındaki uyumun nasıl sağlanacağı ve proje portföylerinin nasıl optimize edileceği konularında uygulamaya yönelik eksiklikler bulunmaktadır. Ayrıca proje önceliklendirme süreçlerinde kullanılan kriterlerin standart bir çerçeveye oturtulamaması da önemli bir problem olarak öne çıkmaktadır.

Bu noktada literatürde; dijital dönüşüm süreçlerinde teknoloji yol haritalarının proje portföy yönetimi ile entegre edilmesine yönelik sistematik modellere ihtiyaç olduğu görülmektedir. Aynı zamanda, risk analizi, maliyet-fayda dengesi ve stratejik uyum gibi faktörleri birlikte değerlendiren karar destek sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun yanında, küçük ve orta ölçekli işletmeler için uygulanabilir modellerin yetersiz olduğu da dikkat çekmektedir.

Bu çalışma, dijital dönüşüm süreçlerinde teknoloji yol haritası ile proje portföy yönetimi arasındaki ilişkiyi incelemekte ve literatürdeki boşlukları ortaya koymaktadır. Çalışma kapsamında, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerini daha etkin yönetebilmesi için bütünleşik bir kavramsal model önerilmesi amaçlanmaktadır. Bu modelin, gelecekte yapılacak ampirik çalışmalar için temel oluşturacağı düşünülmektedir. Ayrıca farklı sektörler için uyarlanabilir stratejik öneriler sunulması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, teknoloji yol haritası, proje portföy yönetimi, Endüstri 4.0, stratejik planlama

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, kubraipek.ozek@yobu.edu.tr

Abstract

Digital transformation is defined as the reshaping of business processes, organizational structures, and business models through digital technologies. This process involves not only a technological change but also a strategic and cultural transformation. With Industry 4.0, technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), big data, and cloud computing have become fundamental components of digital transformation. In this transformation process, technology roadmaps and project portfolio management are critically important for businesses to invest in the right technology at the right time.

Although digital transformation processes and technology roadmaps have been extensively discussed separately in the literature, studies that address these two concepts integrally are limited. In particular, there are shortcomings in practical applications regarding how to ensure alignment between businesses' strategic goals and technology investments and how to optimize project portfolios. Furthermore, the inability to standardize the criteria used in project prioritization processes is a significant problem.

At this point, the literature shows a need for systematic models for integrating technology roadmaps with project portfolio management in digital transformation processes. At the same time, it is necessary to develop decision support systems that consider factors such as risk analysis, cost-benefit balance, and strategic alignment together. In addition, it is noteworthy that there is a lack of applicable models for small and medium-sized enterprises.

This study examines the relationship between technology roadmap and project portfolio management in digital transformation processes and reveals the gaps in the literature. Within the scope of the study, it is aimed to propose an integrated conceptual model for businesses to manage their digital transformation processes more effectively. It is thought that this model will form the basis for future empirical studies. In addition, it is aimed to offer adaptable strategic recommendations for different sectors.

Keywords: Digital transformation, technology roadmap, project portfolio management, Industry 4.0, strategic planning

TBDY 2018 KAPSAMINDA STA4CAD KULLANILARAK SİSMİK İZOLASYONLU BETONARME YAPILARIN PERFORMANSININ ANALİZİ

PERFORMANCE ANALYSIS OF SEISMICALLY ISOLATED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES USING STA4CAD IN ACCORDANCE WITH TBDY 2018

Öğr. Gör. Abdullah Kadir MENGE[1]
Öğr. Gör. Musa YILMAZ[2]

Özet

Deprem mühendisliğinde güncel yaklaşım, yalnızca göçmenin önlenmesini değil, aynı zamanda yapıların deprem sonrası işlevselliğini sürdürebilmesini hedeflemektedir. Bu doğrultuda, sismik izolasyon teknolojileri, deprem etkilerinin üst yapıya aktarılmadan temel seviyesinde sönümlenmesini sağlayarak yapı performansını önemli ölçüde iyileştiren yenilikçi çözümler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) esasları doğrultusunda, aynı geometrik ve malzeme özelliklerine sahip betonarme çerçeveli (sabit tabanlı) ve sismik izolatörlü olmak üzere iki farklı taşıyıcı sistemin deprem davranışı performans esaslı olarak karşılaştırmalı biçimde incelenmiştir.

Bu kapsamda oluşturulan üç boyutlu sayısal modeller üzerinde doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiş; yapıların doğal titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri, kat ivmeleri, göreli kat ötelemeleri ve eleman hasar dağılımları detaylı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, sismik izolatörlü sistemlerde yapı periyodunun belirgin şekilde uzadığını ve buna bağlı olarak spektral ivme taleplerinin azaldığını ortaya koymuştur. Bu durum, taban kesme kuvvetlerinde yaklaşık %60'a varan düşüşler sağlarken, kat ivmelerinin azalması sayesinde hem taşıyıcı sistem elemanlarında hem de yapı içindeki mimari ve mekanik bileşenlerde oluşabilecek hasar riskini önemli ölçüde azaltmıştır.

Buna karşılık, betonarme çerçeveli sistemlerde daha kısa periyot davranışı nedeniyle daha yüksek deprem kuvvetleri oluşmuş, göreli kat ötelemeleri ve eleman bazlı hasar yoğunlaşmaları daha belirgin hale gelmiştir. Sismik izolatörlü yapılarda ise hasar dağılımının daha homojen olduğu ve yapı davranışının daha dengeli gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca, göreli kat ötelemelerinin sınır değerlerin altında kalması, izolatörlü sistemlerin deprem sonrasında da kesintisiz kullanım açısından önemli bir avantaj sunduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, taşıyıcı sistem seçiminin yapıların deprem performansı üzerinde kritik bir rol oynadığı; özellikle sismik izolasyon sistemlerinin, deprem etkilerini azaltarak hem yapısal güvenliği hem de kullanım sürekliliğini önemli ölçüde artırdığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sismik İzolasyon, Betonarme Yapılar, Sta4CAD, TBDY-2018, Dinamik Analiz

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, akadir.menge@bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, musa.yilmaz@bozok.edu.tr

Abstract

The contemporary approach in earthquake engineering aims not only to prevent structural collapse but also to ensure the post-earthquake functionality of buildings. In this context, seismic isolation technologies have emerged as innovative solutions that significantly enhance structural performance by dissipating seismic effects at the foundation level before they are transmitted to the superstructure. Within the framework of the Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBDY-2018), this study presents a performance-based comparative assessment of the seismic behavior of two structural systems with identical geometric and material properties: a reinforced concrete moment-resisting frame (fixed-base) system and a base-isolated system.

Nonlinear analyses were conducted on three-dimensional numerical models developed for this purpose. Key response parameters, including natural vibration periods, base shear forces, floor accelerations, interstory drifts, and element damage distributions, were comprehensively evaluated. The findings indicate that base-isolated systems exhibit a significant increase in structural period, leading to a reduction in spectral acceleration demands. Consequently, base shear forces were reduced by approximately 60%, while decreased floor accelerations substantially lowered the risk of damage not only in structural components but also in architectural and mechanical systems.

In contrast, the fixed-base reinforced concrete frame system demonstrated shorter period behavior, resulting in higher seismic force demands, more pronounced interstory drifts, and localized damage concentrations at the element level. Conversely, base-isolated structures exhibited more uniform damage distribution and a more stable global response. Furthermore, the fact that interstory drifts remained well below the prescribed limits highlights the ability of base-isolated systems to maintain operational continuity after an earthquake.

In conclusion, the selection of the structural system plays a critical role in seismic performance. The results clearly demonstrate that seismic isolation systems significantly improve both structural safety and post-earthquake serviceability by effectively reducing seismic demands.

Keywords: Seismic Isolation, Reinforced Concrete Structures, Sta4CAD, TBDY-2018, Dynamic Analysis

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TARTIŞMALARI BAĞLAMINDA İNSAN-DOĞA İLİŞKİSİNİN YENİDEN DÜŞÜNÜLMESİ: DERİN EKOLOJİ YAKLAŞIMI

RETHINKING THE HUMAN–NATURE RELATIONSHIP IN THE CONTEXT OF SUSTAINABILITY DEBATES: A DEEP ECOLOGY APPROACH

Demet Erken Taşoğlan[1]

Özet

Bu bildirinin amacı, sürdürülebilirlik tartışmaları bağlamında insan-doğa ilişkisinin felsefi temellerini inceleyerek derin ekoloji yaklaşımının günümüzde giderek derinleşen çevre krizinin anlaşılmasına sunduğu etik perspektifi ortaya koymaktır. Günümüzde yaşanan çevre sorunları yalnızca çevre politikaları veya teknolojik çözümlerle açıklanabilecek problemler olmaktan çıkmış, insanın doğayla kurduğu ilişkinin düşünsel temellerinin yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Bu durum, sürdürülebilirlik tartışmalarının yalnızca çevresel yönetim stratejileriyle sınırlı kalamayacağını ve insan-doğa ilişkisini belirleyen felsefi yaklaşımların da ele alınması gerektiğini göstermektedir. Modern düşünce geleneğinde ortaya çıkan mekanik doğa anlayışı ve insan merkezci yaklaşım olarak ifade edilen antroposantrizm, doğanın çoğu zaman insan ihtiyaçları doğrultusunda değerlendirilen araçsal bir varlık alanı olarak görülmesine yol açmıştır. Bu yaklaşım doğal kaynakların yoğun biçimde tüketilmesine, ekolojik dengenin bozulmasına ve günümüzde giderek derinleşen çevre krizinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu çalışma, felsefi analiz ve literatür incelemesi yöntemi kullanılarak modern doğa anlayışının epistemolojik temellerini ve antroposantrik yaklaşımın insan-doğa ilişkisini nasıl şekillendirdiğini incelemektedir. Bu bağlamda modern düşüncede belirginleşen özne-nesne ayrımının doğanın yalnızca insan yararı doğrultusunda anlamlandırılmasına nasıl katkıda bulunduğu tartışılmaktadır. Ardından Arne Naess tarafından geliştirilen derin ekoloji yaklaşımının ortaya çıkışı ve temel ilkeleri ele alınarak doğanın yalnızca insan yararı açısından değil, kendi başına içsel değere sahip bir varlık alanı olduğu düşüncesi değerlendirilmektedir. Derin ekoloji yaklaşımı, antroposantrik anlayışı eleştirerek tüm canlıların varoluş değerini kabul eden bütüncül bir etik perspektif sunmaktadır. Sonuç olarak bu bildiri, sürdürülebilirlik, antroposantrizm, derin ekoloji ve insan-doğa ilişkisi arasındaki kavramsal bağlantıları ortaya koyarak çevre krizinin yalnızca pratik değil aynı zamanda felsefi bir sorun olduğunu göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, sürdürülebilirlik tartışmalarına doğanın içsel değerini merkeze alan alternatif bir çevre etiği perspektifi sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Antroposantrizm, Derin Ekoloji, İnsan-Doğa İlişkisi, Çevre Krizi

[1] Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, demet.eerken@gmail.com

Abstract

The increasingly severe ecological problems of the contemporary world require a reconsideration of the relationship between humans and nature not only in terms of environmental policies and technological solutions, but also from philosophical and ethical perspectives. The mechanical conception of nature and the anthropocentric worldview that emerged in the modern period have largely reduced nature to an instrumental domain evaluated primarily according to human needs. Over time, this perspective has led to the intensive exploitation of natural resources and the serious disruption of ecological balance, thereby forming the intellectual background of the contemporary environmental crisis. In this context, sustainability debates extend beyond environmental management strategies and call for a critical re-examination of the epistemological and ethical assumptions that shape the human position in relation to nature.

Within the framework of sustainability discussions, it becomes necessary to examine both the philosophical foundations of the human–nature relationship and the critiques directed at the anthropocentric worldview. In this regard, the study first addresses the epistemological foundations of the modern conception of nature and then analyzes the instrumental approach of anthropocentrism toward nature. The emergence and fundamental principles of the deep ecology approach reveal that nature should not be understood merely in terms of human benefit but as a domain possessing intrinsic value.

In conclusion, reconsidering the human–nature relationship is of crucial importance for a sustainable future. The resolution of the environmental crisis cannot be achieved solely through technical measures; rather, it requires a fundamental rethinking of the relationship between humans and nature. In this respect, the deep ecology approach offers a holistic ethical perspective that recognizes the intrinsic value of nature and situates human beings as part of a broader ecological whole, thereby contributing significantly to sustainability debates.

Keywords: Sustainability, Anthropocentrism, Deep Ecology, Human–Nature Relationship, Responsibility to Future Generations

GIDALARIN KURUTULMASI VE UYGULANAN YÖNTEMLER: GÜVENLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Dr. Öğr. Üyesi Burçin YILMAZ[1]

Özet

Kurutma, gıdalardan suyun uzaklaştırılması yoluyla mikrobiyal stabilitenin sağlanması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılan en eski muhafaza yöntemlerinden biridir. Günümüzde artan nüfus, gıda talebindeki yükseliş ve hasat sonrası kayıpların azaltılması gerekliliği, kurutma teknolojilerini gıda sektöründe stratejik bir konuma taşımaktadır.

Kurutma işlemi düşük su aktivitesi sayesinde ürün güvenliğini artırmakta, mikrobiyel bozulmayı sınırlandırmakta ve özellikle meyve-sebzelerde hasat sonrası kayıpların azaltılmasına katkı sunmaktadır. Kurutma hızını etkileyen faktörler arasında ürünün kimyasal bileşimi, boyutları, sıcaklık, hava hızı, havanın kuruluğu ve atmosfer basıncı yer almaktadır.

Geleneksel yöntemler (güneşte kurutma, güneş kolektörlü sistemler) ile modern yöntemler (kabin, tünel, konveyör, mikrodalga, radyo frekans, infrared, liyofilizasyon, sprey ve osmotik kurutma) kalite, hijyen ve kontrol edilebilirlik bakımından karşılaştırılmaktadır. Modern sistemler daha yüksek standartlar sunarken, geleneksel yöntemler düşük enerji tüketimiyle çevresel açıdan avantaj sağlamaktadır.

Kurutma yöntemleri, yalnızca gıda güvenliği ve kalite korunumu açısından değil, aynı zamanda gıda kayıplarının azaltılması, lojistik avantajlar ve kaynak verimliliği üzerinden sürdürülebilirlik perspektifinde değerlendirilmektedir. Kurutma, gıda sistemlerinde israfı azaltarak üretim kaynaklarının daha etkin kullanılmasına, taşımada enerji tasarrufu sağlamasına ve uzun raf ömrüyle gıda arz güvenliğine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, gıda güvenliği, su aktivitesi, raf ömrü, sürdürülebilirlik

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, burcin.yilmaz@bozok.edu.tr

KÜRESEL ÖLÇEKTE ÜLKELERİN PETROL ÜRETİM VE TÜKETİMİNİN BOOTSTRAP YÖNTEMİ İLE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

STATISTICAL ANALYSIS OF GLOBAL OIL PRODUCTION AND CONSUMPTION BY COUNTRY USING THE BOOTSTRAP METHOD

Öğr. Gör. Nevfel Yunus COŞKUN[1]
Prof. Dr. Ersin KANTAR[2]

Özet

Fosil yakıtlar, ülkelerin enerji arz güvenliğini sağlamada ve ekonomik büyümeyi desteklemede temel kaynaklar arasında yer almakta olup sanayi, ulaşım ve elektrik üretimi gibi kritik sektörlerin sürekliliğini mümkün kılmaktadır. Fosil yakıtlar içerisinde stratejik bir öneme sahip olan petrol; ulaşım altyapılarının işletilmesinden endüstriyel üretime kadar geniş bir yelpazede temel girdi olarak kullanılmakta, benzin, motorin, jet yakıtı, asfalt ve petrokimyasal türevler gibi zengin bir ürün çeşitliliği sunarak modern ekonomilerin sürekliliğine zemin hazırlamaktadır. Bu bağlamda petrolün tüketim düzeyi ve dağılımı; ülkelerin enerji politikalarını, dışa bağımlılık oranlarını ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerini doğrudan etkileyen temel bir göstergedir. Bununla birlikte petrole olan bu bağımlılık; küresel piyasalardaki sert fiyat dalgalanmaları, jeopolitik risklere dayalı arz güvenliği sorunları ve karbon emisyonu gibi çevresel etkiler oluşturmakta olup, ülkelerin yenilenebilir alternatiflere yönelimini ve makro ölçekli enerji dönüşüm politikalarını şekillendiren en kritik unsur olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu dönüşüm sürecini ve ülkelerin enerji politikalarındaki kırılmaları doğru okuyabilmek için, küresel çaptaki petrol arz ve talep dinamiklerinin tarihsel seyrinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu gereksinimden yola çıkılarak hazırlanan bu çalışmada; küresel ölçekte seksen ülkenin petrol üretim ve tüketimlerinin 1990–2025 dönemi içerisindeki değişimini incelemek amacıyla, hiyerarşik yapı metotlarından En Küçük Örten Ağaç ve Hiyerarşik Ağaç analizi ile Bootstrap metotları kullanılmış ve benzer üretim ve tüketim eğilimlerine sahip ülkelerin kümelenme eğilimleri gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, ülkelerin petrol üretiminde Körfez ve Avrasya blokları gibi güçlü yapısal kümelenmeler oluşturduğuna işaret etmekte olup; bu durum, ilgili ülkelerin rezerv kalitesi, paylaşılan boru hattı altyapıları ve OPEC gibi stratejik iş birlikleri yoluyla açıklanabilir. Tüketim tarafında öne çıkan bölgesel senkronizasyonların ise pazar entegrasyonları ve ortak enerji şebekelerinin bir sonucu olduğu değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda, üretim ağında özellikle Körfez (Irak-Kuveyt arası 0.97, Suudi Arabistan-BAE arası 0.87) ve Avrasya (Rusya ve Kazakistan arası 0.87) ülkeleri arasında yüksek bootstrap değerleriyle desteklenen belirgin kümelenmelerin varlığı dikkat çekmektedir. Tüketim ağında ise İspanya ve İngiltere merkezli geniş bir Avrupa kümesinin şekillendiği; ayrıca Litvanya ve Letonya arasında hesaplanan 1.0'lık değer ile Estonya'nın da bu Baltık kümesine 0.87'lik bootstrap değeriyle bağlanması gibi yüksek istatistiksel benzerliklerin ortaya çıktığı görülmüştür. Sonuç olarak, ülkelerin petrol üretim profillerinin coğrafi sınırları aşarak farklı kıtalardaki aktörleri de içine alan heterojen bir ağ yapısı sergilediği, tüketim grafiğinde ise ortak ekonomik ve endüstriyel politikaların bir yansıması olarak oldukça belirgin ve homojen Avrupa ile Asya kümelerinin oluştuğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Petrol, Enerji, Sürdürülebilirlik, Bootstrap Metodu, Topolojik Analiz

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, nevfelyunus@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, ersin.kantar@bozok.edu.tr

Abstract

Fossil fuels are among the primary resources for ensuring energy security and supporting economic growth, enabling the continuity of critical sectors such as industry, transportation, and electricity generation. Among fossil fuels, oil holds strategic importance; it is used as a primary input across a wide range of applications, from the operation of transportation infrastructure to industrial production, and provides a rich variety of products including gasoline, diesel, jet fuel, asphalt, and petrochemical derivatives thereby laying the groundwork for the continuity of modern economies. In this context, the level and distribution of oil consumption serve as a key indicator directly influencing countries' energy policies, levels of external dependency, and sustainable development strategies. However, this dependence on oil gives rise to severe price fluctuations in global markets, supply security issues rooted in geopolitical risks, and environmental impacts such as carbon emissions, emerging as the most critical factor shaping countries' shift toward renewable alternatives and their macro-scale energy transition policies. Therefore, to accurately interpret this transformation process and the shifts in countries' energy policies, it is of great importance to examine the historical trajectory of global oil supply and demand dynamics. Based on this need, this study employs the Hierarchical Minimum Spanning Tree and Hierarchical Tree analysis methods, along with Bootstrap methods, to examine changes in oil production and consumption across eighty countries on a global scale during the 1990–2025 period, observing clustering tendencies among countries with similar production and consumption trends. The findings indicate that countries form strong structural clusters in oil production, such as the Gulf and Eurasia blocs; this phenomenon can be explained by factors such as the quality of reserves, shared pipeline infrastructure, and strategic partnerships like those within OPEC. It is believed that the prominent regional synchronizations on the consumption side are a result of market integration and shared energy grids. In this regard, the presence of distinct clusters supported by high bootstrap values is particularly notable in the production network, specifically between Gulf countries (0.97 between Iraq and Kuwait, 0.87 between Saudi Arabia and the UAE) and Eurasian countries (0.87 between Russia and Kazakhstan). In the consumption network, a broad European cluster centered on Spain and the United Kingdom has emerged; additionally, high statistical similarities have been observed, such as the 1.0 value calculated between Lithuania and Latvia, and Estonia's connection to this Baltic cluster with a bootstrap value of 0.87. In conclusion, it was observed that the oil production profiles of countries exhibit a heterogeneous network structure that transcends geographical boundaries to include actors across different continents, while the consumption graph reveals the formation of highly distinct and homogeneous European and Asian clusters, reflecting common economic and industrial policies.

Keywords: Oil, Energy, Sustainability, Bootstrap Method, Topological Analysis

TÜRKİYE'NİN KARADENİZ BÖLGESİ İLLERİNİN AZOTOKSİT EMİSYONLARININ BOOTSTRAP METODUYLA İNCELENMESİ[1]

AN ANALYSIS OF NITROGEN OXIDE EMISSIONS IN THE BLACK SEA REGION OF TÜRKİYE USING THE BOOTSTRAP METHOD

Öğr. Gör. Nevfel Yunus COŞKUN[2]

Özet

Karadeniz Bölgesi; sahip olduğu jeopolitik konum, nemli ılıman iklim yapısı ve zengin doğal kaynak potansiyeliyle tarım, ormancılık ve enerji sektörlerinin entegre bir biçimde geliştiği stratejik bir bölgedir. Özellikle 2000'li yılların başından itibaren ivme kazanan sanayileşme, madencilik ve enerji üretimi faaliyetleri bölgenin ekonomik kalkınmasına katkı sağlamıştır. Ancak bu sektörel genişleme, ekosistem üzerinde sürdürülebilirlik açısından kritik çevresel riskleri de beraberinde getirmektedir. Bölgedeki çevresel risklerin başında gelen hava kirliliği; özellikle sanayi tesisleri, termik santraller, lojistik faaliyetler ve evsel ısınma kaynaklı emisyonlar neticesinde belirli merkezlerde kritik eşikleri aşmaktadır. Bu kirlilik düzeyi, bir yandan halk sağlığı üzerinde risk oluştururken diğer yandan bölge ekosisteminin doğal dengesini koruma ve iyileşme kabiliyetini zayıflatmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün küresel hava kalitesi kılavuz ilkeleri 2021 raporunda vurgulandığı üzere, hava kirliliği bileşenleri arasında yer alan azot oksitler özellikle azot monoksit ve azot dioksit insan sağlığı ve biyosfer açısından birincil derecede risk teşkil eden kirleticiler arasındadır. Yanma süreçlerinin ikincil bir ürünü olan bu gazlar, atmosferik reaksiyonlara girerek asit yağışlarına ve yer seviyesi ozon oluşumuna sebebiyet vermekte; dolayısıyla bölgedeki bitki örtüsü ve su kaynakları üzerinde kalıcı tahribat riski oluşturmaktadır. Bu bağlamda, azot emisyonlarının izlenmesi ve kontrol altına alınması, Karadeniz Bölgesi'nin çevresel sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Karadeniz Bölgesi'ndeki illerin 2020-2025 yılları arasındaki günlük hava kalitesini oluşturan, azot oksit, azot monoksit ve azot dioksit emisyon verileri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı veri bankasından alınarak Pearson korelasyon katsayısına dayalı En Küçük Örten Ağaç, Hiyerarşik Ağaç ve en sık görülen bağlantıların zamansal evrimi oluşturulmuştur. Kruskal algoritması ile iller arasındaki hava kalitesi farklılıkları tespit edilmiştir. Analiz edilen azot oksit (NO ve NO_2) emisyon grafikleri, bölge genelinde mekansal ve zamansal açıdan tutarlı bir kirlilik ağına işaret etmektedir. Elde edilen bulgular; Samsun, Trabzon ve Kastamonu gibi merkez düğümlerin çevresinde şekillenen, Karadeniz sahil şeridi boyunca belirgin bir süreklilik izleyen kümelenme yapılarını ortaya koymaktadır. Özellikle sanayi ve yoğun trafik güzergahını temsil eden Karabük-Zonguldak hattı ile Çorum-Amasya odaklı alt gruplar, emisyon profillerinde yüksek benzerlik sergilemektedir. Zamansal evrim analizlerinde kullanılan bootstrap yönteminde, bağlantıların büyük bir kısmının 0.80 ile 1.00 arasındaki yüksek değerlerde yoğunlaşması, bu mekansal ilişkilerin istatistiksel olarak oldukça güçlü ve kararlı olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bölgedeki hava kalitesini iyileştirmeye yönelik stratejilerin, bu yerleşik ağ yapılarını ve merkezi istasyonların etkileşim kapasitelerini temel alan bütüncül bir yaklaşımla kurgulanması önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava kalitesi (SKA3, SKA7), Azot oksit (SKA3), Hiyerarşik yapı, Emisyonlar (SKA7), Enerji (SKA7)

[1]Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi kapsamında, FED-2025-1862 proje numarası ile desteklenmiştir.

[2]Yozgat Bozok Üniversitesi, nevfelyunus.coskun@yobu.edu.tr

Abstract

The Black Sea Region is a strategic area where the agriculture, forestry, and energy sectors have developed in an integrated manner, thanks to its geopolitical location, humid-temperate climate, and rich potential for natural resources. Industrialization, mining, and energy production activities, which have gained momentum particularly since the early 2000s, have contributed to the region's economic development. However, this sectoral expansion also brings critical environmental risks in terms of sustainability. Air pollution, the primary environmental risk in the region, exceeds critical thresholds in certain areas, particularly due to emissions from industrial facilities, thermal power plants, logistics operations, and residential heating sources. This level of pollution poses risks to public health while simultaneously weakening the region's ecosystem's ability to maintain its natural balance and recover. As emphasized in the World Health Organization's 2021 report on global air quality guidelines, nitrogen oxides specifically nitrogen monoxide and nitrogen dioxide are among the pollutants that pose a primary risk to human health and the biosphere. As a byproduct of combustion processes, these gases enter atmospheric reactions, leading to acid rain and ground-level ozone formation; consequently, they pose a risk of permanent damage to the region's vegetation and water resources. In this context, monitoring and controlling nitrogen emissions is of great importance for the environmental sustainability of the Black Sea Region. In this study, nitrogen monoxide and nitrogen dioxide emission data which constitute the daily air quality of provinces in the Black Sea Region between 2020 and 2025 were obtained from the National Air Quality Monitoring Network database of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change to construct the Pearson correlation coefficient-based Minimum Spanning Tree, Hierarchical Tree, and the temporal evolution of the most frequent connections. Differences in air quality between provinces were identified using the Kruskal algorithm. The analyzed nitrogen oxide (NO and NO_2) emission graphs indicate a spatially and temporally consistent pollution pattern across the region. The findings reveal clustering patterns that form around central nodes such as Samsun, Trabzon, and Kastamonu, exhibiting a distinct continuity along the Black Sea coastline. In particular, subgroups centered on the Karabük-Zonguldak corridor representing industrial areas and high-traffic routes and the Çorum-Amasya region exhibit high similarity in their emission profiles. In the bootstrap method used in temporal evolution analyses, the fact that a large portion of the connections are concentrated in high values between 0.80 and 1.00 indicates that these spatial relationships are statistically quite strong and robust. Consequently, it is crucial to design strategies aimed at improving air quality in the region using a comprehensive approach based on these established network structures and the interaction capacities of central stations.

Keywords: Air quality (SKA3, SKA7), Nitrogen oxides (SKA3), Hierarchical structure, Emissions (SKA7), Energy (SKA7)

This study was supported under the Project Coordination, Application, and Research Center at Yozgat Bozok University, under project number FED-2025-1862.

ORTOGNATİK CERRAHİ SONRASI HAVA YOLU VE FİZYOLOJİK ADAPTASYONLARIN YAPAY ZEKÂ İLE ÖNGÖRÜLMESİ: SÜRDÜRÜLEBİLİR DİJİTAL CERRAHİYE YÖNELİK BİR NARRATİF DERLEME

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PREDICTING AIRWAY AND PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS AFTER ORTHOGNATHIC SURGERY: A NARRATIVE REVIEW TOWARD SUSTAINABLE DIGITAL SURGERY

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe BULUT[1]
Prof. Dr. Ömer Engin BULUT[2]

Özet

Konu: Ortognatik cerrahi, sadece kraniyofasiyal morfolojide değil, aynı zamanda hava yolu fizyolojisi ve solunum fonksiyonunda da önemli değişikliklere yol açmaktadır. Ancak mevcut dijital planlama yaklaşımları büyük ölçüde morfoloji odaklı olup, hava yolu açıklığı ve Obstrüktif Uyku Apnesi riski gibi fonksiyonel sonuçların öngörülmesinde yetersiz kalmaktadır.

Amaç: Bu çalışmanın amacı, ortognatik cerrahi sonrası hava yolu ve fizyolojik adaptasyonlar hakkındaki mevcut literatürü eleştirel olarak değerlendirmek ve fizyolojik parametreleri entegre eden klinik olarak uygulanabilir yapay zekâ destekli bir prediktif model önermektir.

Yöntem: Bu çalışma, narratif derleme tasarımında olup PubMed, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında taranan literatüre dayanmaktadır. Ortognatik cerrahi, hava yolu değişiklikleri ve yapay zekâ temelli modelleme çalışmalarını içeren İngilizce olarak yayınlanmış çalışmalar dahil edilmiştir. Bu derleme, nicel meta-analizden ziyade kavramsal sentez yaklaşımı ile mevcut yöntemlerin sınırlılıklarını ve gelişmekte olan yaklaşımları analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Bulgular: Literatür, mandibular geriletme işlemlerinin hava yolu hacminde azalmaya yol açabileceğini, maksillomandibular ilerletme prosedürlerinin ise hava yolu açıklığını artırabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte mevcut prediktif yöntemler hasta spesifik fizyolojik varyasyonları yeterince yansıtamamaktadır. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi'den elde edilen hava yolu ölçümleri, sefalometrik parametreler ve klinik parametreler de dahil olmak üzere çok modlu verileri entegre eden yapay zekâ modelleri, bireyselleştirilmiş sonuç öngörüsü açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu doğrultuda, makine öğrenme algoritmalarının, ameliyat sonrası hava yolu fonksiyonunu ve obstrüktif uyku apnesi riskini tahmin etmek için entegre morfolojik ve fizyolojik verileri birlikte işlediği kavramsal bir çerçeve önerilmiştir.

Sonuç: Yapay zekânın ortognatik cerrahi planlamasına entegrasyonu, morfoloji odaklı yaklaşımlardan fizyoloji odaklı karar verme süreçlerine geçişi temsil etmektedir. Bu yaklaşım, daha doğru risk analizi, kişiselleştirilmiş tedavi planlaması ve sürdürülebilir, veri odaklı sağlık sistemlerine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ortognatik cerrahi, Yapay zekâ, Hava yolu fizyolojisi, Obstrüktif uyku apnesi, Prediktif modelleme

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, ayse.bulut@bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, o.engin.bulut@bozok.edu.tr

Abstract

Background: Orthognathic surgery induces significant alterations not only in craniofacial morphology but also in airway physiology and respiratory function. Despite advances in digital surgical planning, current approaches remain largely morphology - driven and insufficient for predicting functional outcomes such as airway patency and risk of Obstructive Sleep Apnea.

Objective: This study aims to critically evaluate the current literature on postoperative airway and physiological adaptations following orthognathic surgery and to propose a clinically applicable artificial intelligence - based predictive framework integrating physiological parameters.

Methods: A narrative review was conducted using literature retrieved from major electronic databases, including PubMed, Scopus, and Web of Science. Studies published in English focusing on orthognathic surgery, airway changes, and artificial intelligence - based predictive modeling were included. The review emphasizes conceptual synthesis rather than quantitative meta-analysis, aiming to identify methodological gaps and emerging trends.

Results: The literature indicates that mandibular setback procedures are associated with a reduction in airway volume, whereas maxillomandibular advancement may improve airway patency and respiratory parameters. However, current predictive approaches fail to adequately capture patient-specific physiological variability. Emerging artificial intelligence models integrating multimodal data—including Cone Beam Computed Tomography-derived airway metrics, cephalometric variables, and clinical parameters—demonstrate potential for personalized outcome prediction. A conceptual framework is proposed in which machine learning algorithms process integrated morphological and physiological inputs to predict postoperative airway function and obstructive sleep apnea risk.

Conclusion: The integration of artificial intelligence into orthognathic surgical planning represents a paradigm shift from morphology-based to physiology-oriented decision-making. This approach enhances predictive accuracy, supports personalized treatment strategies, and contributes to sustainable, data-driven healthcare systems.

Keywords: Orthognathic surgery, Artificial intelligence, Airway physiology, Obstructive sleep apnea, Predictive modeling

ÜRETEN KADINLAR VE DÖNÜŞEN ARAÇLAR: DİJİTAL İLLÜSTRASYONDA HİBRİT YARATICILIK SÜREÇLERİ

PRODUCING WOMEN AND TRANSFORMING TOOLS: HYBRID CREATIVITY PROCESSES IN DIGITAL ILLUSTRATION

Dr. Öğr. Üyesi Sofya Cihan CANBOLAT[1]
Doç Dr. Elif TARLAKAZAN[2]

Özet

Dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, sanat üretim süreçlerini köklü bir dönüşüme uğratmaktadır. Özellikle dijital illüstrasyon alanında kullanılan araçların değişimi, yalnızca teknik bir dönüşüm değil; aynı zamanda yaratıcı düşünme biçimlerinin, üretim pratiklerinin ve sanatçının rolünün yeniden tanımlanmasına yol açmaktadır. Geleneksel üretim araçlarından dijital ortamlara ve oradan yapay zekâ destekli sistemlere uzanan bu dönüşüm, sanat üretimini çok katmanlı ve etkileşimli bir yapıya dönüştürmektedir. Bu bağlamda, dijital sanat üretimi giderek daha fazla insan ve algoritma iş birliğine dayanan hibrit bir yapıya evrilmektedir. Bu çalışma, dijital illüstrasyon bağlamında "hibrit yaratıcılık" kavramını, dönüşen üretim araçları ve kadın sanatçıların üretim pratikleri üzerinden incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın temel problemi, yapay zekâ ve dijital araçların sanat üretiminde yaratıcılığı dönüştürme biçimleri ve bu süreçte sanatçının konumunun nasıl yeniden şekillendiği sorusu etrafında yapılandırılmıştır. Bu doğrultuda çalışma, dijital sanatın yalnızca bir üretim alanı değil, aynı zamanda düşünsel ve kültürel bir dönüşüm alanı olduğunu ortaya koymayı hedeflemektedir.

Çalışmada yöntem olarak literatür taraması ve seçili sanatçı örnekleri üzerinden kavramsal bir analiz gerçekleştirilmiştir. Dijital illüstrasyon alanında üretim yapan kadın sanatçıların çalışmaları, özellikle insan ve yapay zekâ etkileşimi bağlamında değerlendirilmiş; yaratıcı sürecin yalnızca üretim aşamasından ibaret olmadığı, aynı zamanda seçim, yönlendirme, düzenleme ve küratörlük süreçlerini de kapsayan çok katmanlı bir yapı sunduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda, sanatçının rolünün üretici olmaktan çok "karar verici", "yorumlayıcı" ve "anlam kurucu" bir konuma evrildiği görülmektedir. Bununla birlikte, dijital araçların sunduğu hız, esneklik ve küresel erişim imkânlarının, sanat üretimini daha erişilebilir bir yapıya dönüştürdüğü; ancak aynı zamanda özgünlük, etik, telif ve sürdürülebilirlik gibi yeni tartışma alanlarını da beraberinde getirdiği saptanmıştır. Özellikle dijital platformlar aracılığıyla görünürlük kazanan kadın sanatçılar açısından bu dönüşüm, üretim alanlarını genişleten ve alternatif ifade biçimlerini destekleyen önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Sonuç olarak, dijital illüstrasyon alanında hibrit yaratıcılık süreçlerinin, sanat üretimini yalnızca teknik açıdan değil, kavramsal, eleştirel ve kültürel boyutlarda da dönüştürdüğü ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, görsel iletişim tasarımı alanında sürdürülebilir, etik ve eleştirel üretim yaklaşımlarının geliştirilmesi gerektiği vurgulanmakta; sanatçının dönüşen rolü üzerinden yeni yaratıcı pratiklerin yeniden düşünülmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital illüstrasyon, hibrit yaratıcılık, yapay zekâ, kadın sanatçılar, görsel iletişim tasarımı

[1] Kastamonu Üniversitesi, sofyacihancanbolat@gmail.com
[2] Kastamonu Üniversitesi,etarlakazan@hotmail.com

Abstract

Rapid developments in digitalization and artificial intelligence technologies are profoundly transforming artistic production processes. Particularly in the field of digital illustration, the evolution of tools represents not only a technical shift but also leads to a redefinition of creative thinking, production practices, and the role of the artist. This transformation, extending from traditional production tools to digital environments and further to AI-supported systems, has rendered artistic production more layered and interactive. In this context, digital art production is increasingly evolving into a hybrid structure based on the collaboration between humans and algorithms. This study aims to examine the concept of "hybrid creativity" within the context of digital illustration, focusing on evolving production tools and the creative practices of women artists. The primary problem of the research is structured around how artificial intelligence and digital tools transform creativity in artistic production and how the position of the artist is reshaped within this process. Accordingly, the study seeks to demonstrate that digital art is not merely a field of production but also a domain of intellectual and cultural transformation.

The methodology of the study is based on a literature review and a conceptual analysis through selected artist examples. The works of women artists producing in the field of digital illustration are evaluated particularly in terms of human–AI interaction. The findings reveal that the creative process is not limited to production alone but encompasses multiple layers, including selection, direction, editing, and curatorial practices. In this regard, the role of the artist is observed to evolve from a mere producer into a "decision-maker," "interpreter," and "meaning-maker." Furthermore, it has been determined that the speed, flexibility, and global accessibility offered by digital tools make artistic production more accessible, while simultaneously introducing new discussions on originality, ethics, copyright, and sustainability. For women artists gaining visibility through digital platforms, this transformation presents a significant potential to expand their fields of production and support alternative modes of expression.

In conclusion, hybrid creativity processes in digital illustration are shown to transform artistic production not only in technical terms but also across conceptual, critical, and cultural dimensions. In this context, the study emphasizes the need to develop sustainable, ethical, and critical production approaches in the field of visual communication design, and proposes rethinking new creative practices through the evolving role of the artist.

Keywords: Digital illustration, hybrid creativity, artificial intelligence, women artists, visual communication design

ÖLÜMSÜZLÜK ALGORİTMALARI: DEADBOT'LAR VE TOPLUMSAL YASIN DİJİTALLEŞMESİ ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME

IMMORTALITY ALGORITHMS: A CONCEPTUAL ANALYSIS ON DEADBOTS AND THE DIGITALIZATION OF SOCIAL GRIEF

Dr. Eyyüp AKYÜZ[1]

Özet

Dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerindeki eşi benzeri görülmemiş ivmelenme, insan yaşamının fiziki sınırlarını aşarak ölüm sonrası varoluş biçimlerini de derinden ve radikal bir şekilde yeniden şekillendirmektedir. İkiz dönüşüm vizyonunun toplumsal hayattaki en çarpıcı ve tartışmalı yansımalarından biri, kaybedilen kişilerin dijital ayak izleri, mesaj geçmişleri, ses kayıtları ve sosyal medya verileri kullanılarak eğitilen; böylece tıpkı onlarmış gibi iletişim kurabilen "deadbot" (ölü-bot) veya "griefbot" (yas-bot) isimli yapay zekâ uygulamalarıdır. Bu çalışmanın odak konusu, insanın tarihsel ölümsüzlük arzusuyla beslenen söz konusu algoritmik sistemlerin, sosyolojinin en köklü çalışma alanlarından biri olan ölüm kültürü ve toplumsal yas pratikleri üzerindeki dönüştürücü etkisidir. Çalışmanın temel amacı, yapay zekâ teknolojileri dolayımıyla dijitalleşen ve form değiştiren yas sürecinin sosyolojik yansımalarını eleştirel bir perspektifle incelemek, yaşam ile ölüm arasındaki ontolojik sınırların yapay zekâ eliyle bulanıklaşmasının birey-toplum ilişkisinde yarattığı derin kırılmaları ortaya koymaktır. Araştırmanın odaklandığı temel problem, geleneksel olarak sonlu, kolektif ritüellere dayalı, kültürel ve toplumsal bir iyileşme süreci olarak işleyen yasın, ekranlar aracılığıyla sonsuz, bireyselleşmiş ve algoritmik bir etkileşime indirgenmesinin yaratacağı sosyo-psikolojik ve etik açmazlardır. Saha araştırmasına dayanmayan bu bildiri; ölüm sosyolojisi, post-hümanizm, dijital sosyoloji ve teknoloji felsefesi literatürü ekseninde titizlikle yürütülen kavramsal ve teorik bir derleme çalışmasıdır. Meta-analiz ve teorik okuma yönteminin benimsendiği bu çerçevede, teknolojik tekeli elinde bulunduran platformların yası nasıl metalaştırdığı tartışmaya açılmaktadır. Çalışmanın sonucunda beklenen temel bulgular; "deadbot" teknolojilerinin, yası toplumsal bir dayanışma pratiği olmaktan koparark ticarileştirilmiş, tecrit edilmiş ve asla tamamlanmayan bir dijital döngüye hapsettiğini göstermektedir. Buna ek olarak, bu algoritmik ölümsüzlük simülasyonlarının, toplumsal hafızada ve bireysel psikolojide "dijital musallat olma" durumlarına zemin hazırlayarak, ölüm karşısında ihtiyaç duyulan geleneksel kapanış hissini engellediği ve ölümün toplumsal kabulünü zorlaştırdığı öngörülmektedir. Nihayetinde bu çalışma, ikiz dönüşüm çağında yapay zekânın sadece yaşamı değil, ölümü ve hatırayı da nasıl yeniden inşa ettiğine dair kapsamlı bir sosyolojik tartışma sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Toplumsal Yas, Dijital Sosyoloji, Yapay Zekâ, Deadbot, Ölüm Sosyolojisi

[1] eyyupakyuz@gmail.com

Abstract

The unprecedented acceleration in digitalization and artificial intelligence technologies is deeply and radically reshaping post-mortem forms of existence by transcending the physical boundaries of human life. One of the most striking and controversial reflections of the twin transition vision in social life is artificial intelligence applications called “deadbots” or “griefbots,” which are trained using the digital footprints, message histories, voice recordings, and social media data of deceased individuals, thereby enabling them to communicate as if they were alive. The focal point of this study is the transformative impact of these algorithmic systems, fueled by humanity's historical desire for immortality, on the culture of death and social mourning practices –one of the most deeply rooted fields of study in sociology. The main purpose of the study is to critically examine the sociological reflections of the mourning process, which has been digitalized and transformed through artificial intelligence technologies, and to reveal the profound fractures created in the individual-society relationship by the blurring of the ontological boundaries between life and death by the hand of AI. The main problem focused on in the research is the socio-psychological and ethical dilemmas created by reducing grief –which traditionally functions as a finite, collective, culturally and socially healing process based on rituals– to an infinite, individualized, and algorithmic interaction via screens. This paper, which is not based on field research, is a conceptual and theoretical compilation study meticulously conducted on the axis of the sociology of death, post-humanism, digital sociology, and philosophy of technology literature. Within this framework, where meta-analysis and theoretical reading methods are adopted, how platforms holding the technological monopoly commodify grief is opened to debate. The expected primary findings of the study indicate that “deadbot” technologies detach grief from being a practice of social solidarity, trapping it in a commercialized, isolated, and never-ending digital cycle. In addition, it is foreseen that these algorithmic immortality simulations pave the way for situations of “digital haunting” in social memory and individual psychology, thereby preventing the traditional sense of closure needed in the face of death and complicating the social acceptance of mortality. Ultimately, this study aims to present a comprehensive sociological discussion on how artificial intelligence reconstructs not only life but also death and memory in the era of the twin transition.

Keywords: Social Grief, Digital Sociology, Artificial Intelligence, Deadbot, Sociology of Death

DİJİTAL FEODALİZMİN YÜKSELİŞİ: VERİ SERFLERİ, ALGORİTMİK LORDLAR VE YENİDEN ÜRETİLEN TOPLUMSAL EŞİTSİZLİKLER ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME

THE RISE OF DIGITAL FEUDALISM: A CONCEPTUAL ANALYSIS ON DATA SERFS, ALGORITHMIC LORDS, AND REPRODUCED SOCIAL INEQUALITIES

Dr. Eyyüp AKYÜZ[1]

Özet

İkiz dönüşüm vizyonunun temel yapıtaşları olan dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojileri, günümüzde genellikle bilgiye erişimin demokratikleşmesi, toplumsal eşitlik ve bireysel özgürleşme anlatılarıyla kamuoyuna sunulmaktadır. Ancak bu çalışmanın asıl odak noktası, söz konusu teknolojik ilerlemelerin ardında yatan ve Orta Çağ feodalizminin modern, dijital bir simülasyonunu andıran yeni nesil bir asimetrik toplumsal yapının inşasıdır. Bu araştırmanın temel amacı; yapay zekâ çağında platform tekellerinin "algoritmik lordlar" olarak önlenemez yükselişini ve gündelik dijital etkileşimleriyle bu sistemi gönüllü olarak besleyen sıradan internet kullanıcılarının "veri serfleri"ne dönüşme sürecini sosyolojik bir perspektifle, eleştirel bağlamda incelemektir. Araştırmanın merkezine aldığı temel problem; dijital araçların yarattığı küresel bağlantısallık illüzyonunun, aslında dev teknoloji şirketlerinin kullanıcı verilerini bedelsiz biçimde mülk edindiği, eşi benzeri görülmemiş bir sömürü ve siber gözetim ağını maskelemesidir. Dijital ekonomi politik, dijital emek, gözetim kapitalizmi ve neo-feodalizm literatürü ekseninde titizlikle yürütülen bu çalışma, kavramsal ve teorik bir derleme niteliği taşımaktadır. Karl Marx'ın artı-değer kuramı ile Shoshana Zuboff ve Jodi Dean gibi çağdaş düşünürlerin yaklaşımlarının sentezlendiği bu teorik meta-analiz yönteminde; dijital ağların nasıl yeni "malikânelere", algoritmaların ise nasıl yeni "toprak ağalığı" yasalarına dönüştüğü kapsamlı biçimde tartışmaya açılmaktadır. Çalışmanın sonucunda beklenen temel bulgular; yapay zekâ ve dijital platformların toplumsal hiyerarşileri yok etmek yerine, sermayeyi ve veriyi yalnızca bir avuç teknoloji devinin tekelinde toplayarak geleneksel sosyo-ekonomik eşitsizlikleri dijital boyutta yeniden ürettiğini göstermektedir. Ayrıca, algoritmik lordların devasa veri merkezlerini ayakta tutabilmek için fütursuzca tükettikleri doğal kaynakların, bu dijital feodalizmin "sürdürülebilirlik" maskesi altında yıkıcı bir ekolojik sömürü mekanizması yarattığı ortaya konmaktadır. Nihayetinde bu çalışma, ikiz dönüşümün vaat ettiği teknolojik ütopyanın ardındaki gizli yapısal eşitsizlikleri deşifre ederek, sosyolojinin kadim mülkiyet, emek ve tabakalaşma tartışmalarını dijital çağa entegre eden bütüncül bir kuramsal çerçeve sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital Feodalizm, Dijital Ekonomi Politik, Dijital Emek, Yapay Zekâ, Gözetim Kapitalizmi

[1] eyyupakyuz@gmail.com

Abstract

Digitalization and artificial intelligence technologies, which are the fundamental building blocks of the twin transition vision, are currently often presented to the public through narratives of the democratization of access to information, social equality, and individual emancipation. However, the main focus of this study is the construction of a new generation asymmetrical social structure underlying these technological advancements, resembling a modern, digital simulation of medieval feudalism. The primary purpose of this research is to critically examine, from a sociological perspective, the inexorable rise of platform monopolies as "algorithmic lords" in the age of artificial intelligence and the process by which ordinary internet users, who voluntarily feed this system through their daily digital interactions, transform into "data serfs." The main problem the research centers on is that the illusion of global connectivity created by digital tools actually masks an unprecedented network of exploitation and cyber surveillance, where giant technology companies appropriate user data without compensation. Meticulously conducted on the axis of the digital political economy, digital labor, surveillance capitalism, and neo-feudalism literature, this study serves as a conceptual and theoretical compilation. Within this theoretical meta-analysis method, where Karl Marx's theory of surplus value is synthesized with the approaches of contemporary thinkers such as Shoshana Zuboff and Jodi Dean, how digital networks have transformed into new "manors" and algorithms into new laws of "landownership" is comprehensively opened to debate. The expected primary findings of the study indicate that instead of eliminating social hierarchies, artificial intelligence and digital platforms reproduce socio-economic inequalities in a digital dimension by concentrating capital and data solely in the monopoly of a handful of tech giants. Furthermore, it is revealed that the natural resources recklessly consumed by algorithmic lords to sustain their massive data centers create a destructive mechanism of ecological exploitation under the guise of "sustainability" of this digital feudalism. Ultimately, this study aims to decipher the hidden structural inequalities behind the technological utopia promised by the twin transition, presenting a holistic theoretical framework that integrates sociology's ancient debates on property, labor, and stratification into the digital age.

Keywords: Digital Feudalism, Digital Political Economy, Digital Labor, Artificial Intelligence, Surveillance Capitalism

ENDODONTİK TEDAVİ SÜREÇLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ OPTİMİZASYON YAKLAŞIMLARI

SUSTAINABILITY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE–ASSISTED OPTIMIZATION IN ENDODONTIC TREATMENT PROCESSES

Dr. Öğr. Üyesi Işınsu ATALAY[1]

Özet

Bu derlemenin amacı, endodontik tedavi süreçlerindeki sürdürülebilirlik uygulamalarını ve yapay zekâ destekli optimizasyon yaklaşımlarını mevcut literatür eşliğinde kapsamlı biçimde ele almaktır. Bu doğrultuda PubMed ve Google Scholar veri tabanlarında 2018–2025 yılları arasında yayımlanmış çalışmalar, "endodontics", "sustainability", "artificial intelligence", "green dentistry", "carbon footprint" ve "life cycle assessment" anahtar kelimeleri kullanılarak taranmıştır.

Diş hekimliğinde sürdürülebilirlik, artan karbon ayak izi ve doğal kaynak tüketimi nedeniyle giderek daha fazla önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Sağlık hizmetlerinin çevresel etkileri küresel ölçekte tartışılırken, diş hekimliği uygulamalarının da önemli miktarda enerji, materyal ve tek kullanımlık ürün tüketimi ile çevresel yük oluşturduğu bilinmektedir. Özellikle endodontik tedaviler, kullanılan çok sayıda sarf malzemesi, enerji ihtiyacı ve çok aşamalı klinik süreçleri nedeniyle sürdürülebilirlik açısından dikkat çekmektedir.

Sürdürülebilir diş hekimliği yaklaşımı; kaynak kullanımının azaltılması, atık yönetiminin iyileştirilmesi ve çevre dostu materyallerin tercih edilmesini kapsamaktadır. Bu bağlamda, tek kullanımlık ürünlerin yaygın kullanımı çevresel yükü artırırken, biyobozunur materyaller ve yeniden kullanılabilir sistemler sürdürülebilir klinik uygulamaların geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, dental hizmetlerin karbon ayak izi yalnızca klinik işlemlerle sınırlı olmayıp, hasta ve personel ulaşımı, enerji tüketimi ve tedarik süreçleri gibi birçok faktörü içermektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda bir kök kanal tedavisinin yaklaşık 4,9 kg CO_2 eşdeğeri emisyona neden olduğu, daha kapsamlı değerlendirmelerde ise bu değerin 23,3 kg'a kadar ulaşabildiği bildirilmiştir.

Son yıllarda dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojileri, diş hekimliğinde sürdürülebilirliğin artırılmasında önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır. Endodonti alanında dijital görüntüleme sistemleri, elektronik hasta kayıtları ve dijital iş akışları kâğıt ve kimyasal kullanımını azaltırken, teledişhekimliği uygulamaları ulaşım kaynaklı karbon emisyonlarını düşürmektedir. Yapay zekâ destekli sistemler ise özellikle kök kanal anatomisinin değerlendirilmesinde tanısal doğruluğu artırarak gereksiz görüntüleme ve tedavi tekrarlarını azaltmakta, böylece materyal ve enerji kullanımının optimize edilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, yapay zekâ tabanlı klinik karar destek sistemleri sayesinde tedavi planlaması daha verimli hale gelmekte, işlem süresi kısalmakta ve hata oranları azaltılmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar endodontik tedavi süreçlerinde hem klinik verimliliğin artırılması hem de sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli bir optimizasyon aracı olarak öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaştırılması maliyet, farkındalık eksikliği ve uygun materyallere erişim gibi çeşitli engellerle sınırlanmaktadır. Bu engellerin aşılabilmesi için eğitim programlarının geliştirilmesi, yaşam döngüsü analizlerine yönelik araştırmaların artırılması ve politika düzeyinde teşvik edici düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Endodonti özelinde tek seanslı tedaviler, minimal invaziv ve rejeneratif yaklaşımlar ile çevre dostu materyallerin kullanımı çevresel etkinin azaltılmasına katkı sağlayabilir.
Sonuç olarak, sürdürülebilirlik ilkelerinin endodontik tedavi süreçlerine entegrasyonu ve yapay zekâ destekli optimizasyon yaklaşımlarının benimsenmesi, hem çevresel etkinin azaltılması hem de sağlık hizmetlerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Endodonti, Yapay Zekâ, Dijital Diş Hekimliği, Karbon Ayak İzi

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, atalayisinsu@gmail.com

Abstract

This review aims to comprehensively examine sustainability practices and artificial intelligence–assisted optimization approaches in endodontic treatment processes in light of the current literature. To this end, PubMed and Google Scholar databases were searched for studies published between 2018 and 2025 using the keywords "endodontics," "sustainability," "artificial intelligence," "green dentistry," "carbon footprint," and "life cycle assessment."

Sustainability in dentistry has become an increasingly important issue due to the rising carbon footprint and the excessive consumption of natural resources. While the environmental impact of healthcare services is being widely discussed on a global scale, dental practices are also recognized as contributing significantly to environmental burden through the extensive use of energy, materials, and single-use products. In particular, endodontic treatments attract attention from a sustainability perspective due to their reliance on numerous consumables, high energy requirements, and multi-step clinical procedures.

The concept of sustainable dentistry encompasses the reduction of resource consumption, improvement of waste management, and the use of environmentally friendly materials. In this context, the widespread use of single-use products increases environmental burden, whereas biodegradable materials and reusable systems play a crucial role in the development of sustainable clinical practices. Furthermore, the carbon footprint of dental services is not limited to clinical procedures but also includes factors such as patient and staff transportation, energy consumption, and procurement processes. Recent studies have reported that a root canal treatment generates approximately 4.9 kg of CO_2 equivalent emissions, while more comprehensive assessments indicate that this value can increase up to 23.3 kg.

In recent years, digitalization and artificial intelligence technologies have emerged as important tools for enhancing sustainability in dentistry. In endodontics, digital imaging systems, electronic health records, and digital workflows reduce paper and chemical usage, while teledentistry applications contribute to lowering transportation-related carbon emissions. Artificial intelligence–assisted systems improve diagnostic accuracy, particularly in the evaluation of root canal anatomy, thereby reducing unnecessary imaging and repeated treatments, and consequently optimizing material and energy use. In addition, AI-based clinical decision support systems enhance treatment planning efficiency, shorten procedure times, and reduce error rates. In this context, AI-based approaches are increasingly recognized as important optimization tools that improve both clinical efficiency and sustainability in endodontic treatment processes.

However, the widespread implementation of sustainable practices is limited by several barriers, including cost, lack of awareness, and limited access to suitable materials. To overcome these challenges, the development of educational programs, increased research on life cycle assessments, and the implementation of supportive policy-level regulations are required. In endodontics, prioritizing single-visit treatments, adopting minimally invasive and regenerative approaches, and utilizing environmentally friendly materials may contribute to reducing environmental impact.

In conclusion, the integration of sustainability principles into endodontic treatment processes and the adoption of artificial intelligence–assisted optimization approaches are critical for reducing environmental impact and ensuring the long-term sustainability of healthcare services.

Keywords: Sustainability in Dentistry, Endodontics, Artificial Intelligence, Digital Dentistry, Carbon Footprint

YARATICI ÜRETİMDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ GÖRSELLEŞTİRME: OYUN, ANİMASYON VE GÖRSEL EFEKT ALANLARINDA HİBRİT YAKLAŞIM

AI-SUPPORTED VISUALIZATION PRACTICES AND AREAS OF APPLICATION

Öğr. Gör. Berk SAVİ[1]
Prof. Dr. Serkan İLDEN[2]

Özet

Yapay zekâ destekli görselleştirme araçları, yaratıcı endüstrilerde yalnızca görsel çıktı üretimini hızlandıran teknik sistemler olarak değil; araştırma, fikir geliştirme, ön üretim, belge düzenleme, kullanıcı analizi ve iş akışı optimizasyonu gibi çok katmanlı süreçleri yeniden yapılandıran araçlar olarak önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yapay zekâ temelli görselleştirme pratiklerinin oyun geliştirme, animasyon ve görsel efekt üretimi bağlamında hangi işlevsel katkıları sunduğunu ve bu katkıların yaratıcı üretim süreçlerinde ne tür dönüşümlere yol açtığını incelemektir. Çalışmanın temel problemi, yapay zekânın sunduğu hız, verimlilik ve çeşitlilik avantajlarının; özgünlük, telif, etik sorumluluk, emek görünürlüğü ve yaratıcı özerklik gibi alanlarda doğurduğu tartışmalarla nasıl birlikte değerlendirilmesi gerektiğidir. Bu doğrultuda araştırmada, güncel literatüre dayalı nitel bir değerlendirme yaklaşımı benimsenmiş; üretken yapay zekâ araçlarının ideasyon, referans oluşturma, varyasyon geliştirme, atmosfer kurma, teknik doküman dönüştürme ve kullanıcı davranışlarından içgörü üretme gibi uygulama alanları karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. İnceleme sonucunda, yapay zekânın özellikle ön üretim aşamalarında hız kazancı sağladığı, tekrarlı görevlerde iş yükünü azalttığı ve yaratıcı ekiplerin karar verme süreçlerini desteklediği görülmektedir. Buna karşılık, yapay zekâ ile üretilen içeriğin denetimsiz kullanımında biçimsel tekrar, veri kaynaklı önyargı, güvenilirlik sorunu, sanatsal emeğin görünmezleşmesi ve mesleki değerin aşınması gibi riskler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle çalışmada, yapay zekânın doğrudan ve bağımsız bir üretici olarak değil; insan denetimi, editöryel değerlendirme ve etik sorumluluk ilkeleriyle sınırlandırılmış yardımcı bir sistem olarak konumlandırılması gerektiği savunulmaktadır. Sonuç olarak, yaratıcı endüstrilerde sürdürülebilir ve nitelikli üretim modelinin, insan yaratıcılığı ile yapay zekâ destekli otomasyonu karşıt unsurlar olarak değil, birbirini tamamlayan hibrit bir üretim mimarisi içinde değerlendiren yaklaşım olduğu ileri sürülmektedir. Bu model, alanda daha şeffaf, denetlenebilir ve etik açıdan savunulabilir üretim süreçlerinin kurulmasına katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: yapay zekâ, görselleştirme, yaratıcı endüstriler, animasyon, hibrit üretim

[1] Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, berksavi@gmail.com
[2] Kastamonu Üniversitesi, serkanilden@kastamonu.edu.tr

Abstract

Artificial intelligence-supported visualization tools have become important in creative industries not only as technical systems that accelerate visual output, but also as instruments that restructure multilayered processes such as research, idea development, pre-production, document organization, user analysis, and workflow optimization. The aim of this study is to examine the functional contributions of AI-based visualization practices in the contexts of game development, animation, and visual effects production, and to discuss the transformations these contributions create within creative production processes. The main problem of the study is how the advantages offered by artificial intelligence in terms of speed, efficiency, and variety should be evaluated together with the debates it raises regarding originality, copyright, ethical responsibility, labor visibility, and creative autonomy. Accordingly, the research adopts a qualitative evaluation based on current literature and comparatively addresses such application areas of generative AI tools as ideation, reference production, variation development, atmosphere building, technical document transformation, and insight generation from user behavior. The review indicates that artificial intelligence provides significant speed gains especially in pre-production stages, reduces workload in repetitive tasks, and supports the decision-making processes of creative teams. On the other hand, the uncontrolled use of AI-generated content may lead to formal repetition, data-driven bias, reliability problems, the invisibility of artistic labor, and the erosion of professional value. For this reason, the study argues that artificial intelligence should be positioned not as a direct and autonomous producer, but as an assistive system limited by human supervision, editorial evaluation, and principles of ethical responsibility. As a result, it is suggested that the sustainable and qualified model of production in creative industries is a hybrid architecture that treats human creativity and AI-supported automation not as opposing forces, but as complementary components. This model contributes to the establishment of more transparent, accountable, and ethically defensible production processes in the field.

Keywords: artificial intelligence, visualization, creative industries, animation, hybrid production

RESTORASYON UYGULAMALARINDA ÖZGÜNLÜK VE MÜDAHALE DENGESİ: KÜTAHYA-TAVŞANLI TARİHİ ADA (ADRANOS) KÖPRÜSÜ ÖRNEĞİ

BALANCE BETWEEN ORIGINALITY AND INTERVENTION IN RESTORATION PRACTICES: THE EXAMPLE OF THE HISTORICAL ADA (ADRANOS) BRIDGE IN KUTAHYA-TAVŞANLI

Öğr. Gör. Esra AKMAN[1]
Doç. Dr. Arife Deniz OKTAÇ BEYCAN[2]

Özet

Kültürel mirasın korunmasına yönelik restorasyon uygulamaları, özgünlük ilkesi ve müdahale gereklilikleri arasındaki ilişkinin doğru tanımlanmasını zorunlu kılan çok katmanlı bir süreçtir. Uluslararası koruma kuramları ve belgeleri, özellikle *Venedik Tüzüğü* (1964) ve *Nara Özgünlük Belgesi* (1994), özgünlüğün korunmasını temel ilke olarak tanımlarken, müdahalelerin sınırlı, geri döndürülebilir ve ayırt edilebilir olması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışmanın konusu, restorasyon uygulamalarında özgünlük kavramı ile müdahale düzeyleri arasındaki kuramsal ve pratik ilişkinin Kütahya-Tavşanlı Tarihi Ada Köprüsü özelinde irdelenmesidir. Tarihi Ada Köprüsü'ne yapılan restorasyon çalışmaları çizimler ve fotoğraflarla belgelenmiş, uygulamaların sürdürülebilirlik ilkeleriyle olan bağları ve değişkenlerin etkileri ise şantiye verileri ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, koruma kuramları çerçevesinde özgünlüğün bileşenlerini analiz etmek ve müdahale biçimlerinin bu bileşenler üzerindeki etkilerini değerlendirerek dengeli bir restorasyon yaklaşımına yönelik çıkarımlar geliştirmektir. Bu bağlamda temel problem, restorasyon süreçlerinde aşırı müdahaleci yaklaşımlar sonucunda özgün değerlerin zarar görmesi ya da yetersiz müdahale nedeniyle yapıların işlevsel sürekliliğinin kesintiye uğramasıdır. Kütahya'nın Tavşanlı ilçesinde, Koca Su (Adranos) çayı üzerinde bulunan Tarihi Ada Köprüsü; beş yuvarlak kemerden oluşmuş, kesme taş ve tuğla sıralı olarak inşa edilmiş, ahşap kazık temeller üzerine oturtulmuş; memba yönünde üçgen selyaranlara sahip olup kemerleri ve selyaranları kesme taş, tempan duvarları ise kesme taş ve tuğla ile, iç dolguları ise moloz taştan meydana gelmiştir. Son 20 yılda iki kemeri yıkılan, çeşitli deformasyonlar, oyulma ve dolmalar sonucu ayaklarında eğilmeler oluşan, bitki tahribatına maruz kalan ve özgün döşemesi betonarme ile değiştirilen köprü, sade bir yapıya sahip olup süsleme içermemektedir. Yapılan restorasyon çalışmaları nehir yatağı ve temellere, ayaklara, kemerlere, tempan duvarlara ve döşeme-korkuluklara yapılan müdahaleler olmak üzere 5 ana başlık altında toplanmıştır. Bu başlıklar çevresel, ekonomik, sosyal, kültürel ve adaptasyon-inovasyon adlı 5 adet sürdürülebilirlik ilkesine göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; nehir yatağındaki kot farklılıkları ortadan kaldırılmış, temellere taş tahkimatı yapılmış, köprünün hasarlı ayakları özgün malzeme ile tamamlanmış, yıkılan kemerleri projeye göre yeniden inşa edilmiş, tempan duvarlardaki hasarlar giderilmiş ve temizliği yapılmış, mevcut betonarme döşeme ise kaldırılıp özgün taş döşeme imal edilmiş, korkuluklar da ahşap korkulukla değiştirilip özgün hale getirilmiştir. Bu restorasyon çalışmaları, köprünün özgünlük ve müdahale dengesi gözetilerek ele alınmış; çok disiplinli yaklaşımlar, ulusal ve uluslararası standartlara uyum, paydaş katılımı ve bilimsel değerlendirme yöntemlerinin bütüncül biçimde entegre edilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi köprü, Çevresel Sürdürülebilirlik, Ekonomik Sürdürülebilirlik, Sosyo-kültürel Sürdürülebilirlik, Özgünlük, Koruma İlkeleri.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, esra.akman@yobu.edu.tr
[2] Konya Teknik Üniversitesi, adobeycan@ktun.edu.tr

Abstract

Restoration practices for the preservation of cultural heritage are a multifaceted process that necessitates a correct definition of the relationship between the principle of authenticity and the requirements of intervention. International conservation theories and documents, particularly the Venice Charter (1964) and the Nara Authenticity Certificate (1994), define the preservation of authenticity as a fundamental principle, while emphasizing that interventions should be limited, reversible, and distinguishable. This study examines the theoretical and practical relationship between the concept of authenticity and the levels of intervention in restoration practices, specifically focusing on the historical Ada Bridge in Tavşanlı, Kütahya. The restoration work on the historical Ada Bridge has been documented with drawings and photographs, and the connections between the practices and sustainability principles, as well as the effects of variables, have been evaluated using on-site data. The aim of the study is to analyze the components of authenticity within the framework of conservation theories and to develop inferences for a balanced restoration approach by evaluating the effects of intervention methods on these components. In this context, the fundamental problem is the damage to original values resulting from overly interventionist approaches in restoration processes, or the interruption of the functional continuity of structures due to insufficient intervention. The historical Ada Bridge, located on the Koca Su (Adranos) stream in Tavşanlı district of Kütahya, consists of five rounded arches, constructed of alternating cut stone and brick, and rests on wooden pile foundations. It has triangular breakwaters on the upstream side, with its arches and breakwaters made of cut stone, its tympanum walls of cut stone and brick, and its interior fillings of rubble stone. In the last 20 years, two of its arches have collapsed, and the bridge has suffered various deformations, erosion, and fillings, resulting in tilting of its piers, damage from vegetation, and the replacement of its original pavement with reinforced concrete. The bridge has a simple structure and does not contain ornamentation. The restoration work carried out has been grouped under 5 main headings: interventions on the riverbed and foundations, piers, arches, tympanum walls, and pavement-railings. These categories were evaluated according to five sustainability principles: environmental, economic, social, cultural, and adaptation-innovation. In conclusion, the elevation differences in the riverbed were eliminated, stone reinforcement was added to the foundations, the damaged piers of the bridge were completed with original materials, the collapsed arches were rebuilt according to the project, the damage to the tympanum walls was repaired and cleaned, the existing reinforced concrete slab was removed and replaced with original stone paving, and the railings were replaced with wooden railings, restoring them to their original state. These restoration works were carried out by considering the balance between the bridge's originality and the intervention; they were realized through the holistic integration of multidisciplinary approaches, compliance with national and international standards, stakeholder participation, and scientific evaluation methods.

Keywords: Historic bridge, Environmental Sustainability, Economic Sustainability, Socio-cultural Sustainability, Authenticity, Conservation Principles.

TÜRKİYE'NİN ORTA ANADOLU BÖLGESİ MERKEZLİ BİST ŞİRKETLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK RAPORLAMA SIKLIĞININ İNCELENMESİ

AN ANALYSIS OF THE FREQUENCY OF SUSTAINABILITY REPORTING BY BIST COMPANIES BASED IN THE CENTRAL ANATOLIA REGION OF TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Bekir KAYA[1]

Özet

Şirketler oluşturdukları raporlar yoluyla yatırımcılara bilgi akışı sağlamaktadır. Faaliyet raporları şirketlerin raporun hazırlandığı döneme ilişkin gelişim sürecinin aktarıldığı, faaliyet sonuçlarının paylaşıldığı ve gelecek döneme ilişkin öngörülerinin aktarıldığı araçlar olarak ifade edilebilmektedir. Fakat sürdürülebilirlik söz konusu olduğunda şirketler bunu faaliyet raporlarından ayrı olarak, sürdürülebilirlik raporları aracılığıyla yatırımcıları ile paylaşma eğilimindedir. Sürdürülebilirlik raporları, şirketlerin çevresel, sosyal ve yönetişim performansları ile ilgili bilgileri yatırımcılara aktarmaktadır. Peki, bu konu şirketler tarafından ne kadar önemsenmektedir? Sürdürülebilirlik raporlaması, gerçekten şirketlerin bu uygulamaları içselleştirmesinin bir sonucu mudur? Yoksa düzenleyici otoritenin kurallarına uygun hareket etmenin bir yansıması mıdır? Gerek KAP üzerinden, gerekse şirketlerin internet adresi üzerinden yatırımcıları ile paylaştığı sürdürülebilirlik raporları incelendiğinde, bu soruların cevabı daha net şekilde anlaşılabilmektedir. Yapılan çalışmanın amacı, Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesi merkezli BİST şirketlerinin sürdürülebilirlik raporlama sıklığının incelenmesi yoluyla sürdürülebilirlik kavramına bakışının ortaya konulmasıdır. 11.03.2026 tarihi itibariyle BİST'te işlem gören ve Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesi merkezli 91 şirketin gerek KAP üzerinden, gerekse internet adresi üzerinden paylaştığı sürdürülebilirlik raporları incelendiğinde, şirketlerin Sermaye Piyasası Kurulu (SPK)'nın düzenlemelerine uygun hareket etmek amacıyla sürdürülebilirlik uyum raporu düzenleme oranının ortalama %69 olduğu görülmektedir. Ankara ve Eskişehir merkezli şirketlerin ortalama sürdürülebilirlik uyum raporu düzenleme oranı, %69 olan genel ortalamayı aşarken; Aksaray, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Konya ve Niğde merkezli şirketlerin ortalama sürdürülebilirlik uyum raporu düzenleme ortalamaları %69 olan genel ortalamanın altında kalmaktadır. Öte yandan SPK'nın sürdürülebilirlik uyum raporu düzenleme zorunluluğu bir kenara bırakılarak, şirketlerin sürdürülebilirlik raporu düzenleme oranlarına bakıldığında, ortalama oranının %18 düzeyine indiği görülmektedir. Ankara ve Niğde merkezli şirketler bu oranının üzerinde kalırken, Kayseri merkezli şirketlerin bu oranın altında kalmaktadır. Ortaya çıkan bu sonuç göstermektedir ki, Orta Anadolu Bölgesi merkezli BİST şirketleri sürdürülebilirlik uygulamalarını içselleştirmekten ziyade, düzenleyici otoritenin beklentilerine uygun hareket etmek için sürdürülebilirlik raporlaması yapma eğilimindedir. Yapılan çalışma, bu yönüyle sürdürülebilirlik kavramını raporlama anlayışı bakımından inceleyerek, literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, BİST, Orta Anadolu Bölgesi

[1] Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, bekir.kaya@hbv.edu.tr

Abstract

Companies provide information to investors through reports. Activity reports can be defined as tools in which companies present the development process for the period covered by the report, share their operational results, and express their projections for the upcoming period. However, when it comes to sustainability, companies tend to share this information with their investors separately from activity reports through sustainability reports. Sustainability reports convey information to investors regarding a company's environmental, social, and governance (ESG) performance. How seriously do companies take this issue? Is sustainability reporting a result of companies internalizing these practices? Or is it merely a reflection of compliance with regulatory authority rules? When sustainability reports shared both via the Public Disclosure Platform (KAP) and companies' websites are analyzed, the answers to these questions become clearer. This study aims to reveal Türkiye's perspective on the concept of sustainability by examining the sustainability reporting frequency of BIST companies based in Central Anatolia. As of March 11, 2026, when the sustainability reports shared through both KAP and company websites by 91 BIST-listed companies headquartered in the Central Anatolia Region were analyzed, it was observed that the average rate of preparing a sustainability compliance report to fulfill the requirements of the Capital Markets Board (SPK) regulations was 69%. While the average rate of preparing sustainability compliance reports among companies based in Ankara and Eskişehir exceeds the general average of 69%, the averages for companies based in Aksaray, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Konya, and Niğde are below the overall average of 69%.However, when the obligation imposed by the CMB to prepare a sustainability compliance report is set aside and the rate at which companies prepare sustainability reports is examined, the average rate drops to 18%. While companies based in Ankara and Niğde are above this rate, those based in Kayseri fall below it. These results indicate that BIST companies based in the Central Anatolia Region tend to prepare sustainability reports to meet the expectations of regulatory authorities rather than internalizing sustainability practices. In this respect, this study aims to contribute to the literature by examining the concept of sustainability in terms of reporting practices.

Keywords: Sustainability, BIST, Central Anatolia Region

KURUMLARDA DİJİTAL DÖNÜŞÜME DİRENCİN ARKASINDAKİ İNSAN FAKTÖRÜ: YARI YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞMELERLE BİR ALAN ARAŞTIRMASI

THE HUMAN FACTOR BEHIND RESISTANCE TO DIGITAL TRANSFORMATION IN ORGANIZATIONS: A FIELD STUDY BASED ON SEMI-STRUCTURED INTERVIEWS

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih KANOĞLU[1]
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Saltuk DURAK[2]

Özet

Bu araştırma, bir yükseköğretim kurumu bünyesinde gerçekleştirilen dijital dönüşüm stratejilerinin uygulanma sürecinde karşılaşılan örgütsel direnç olgusunu ve bu direncin temelini oluşturan insani faktörleri derinlemesine analiz etmeyi hedeflemektedir. Günümüzün bilgi toplumunda yükseköğretim kurumları, teknolojik determinizmin bir sonucu olarak eğitim, araştırma ve idari yönetim süreçlerini dijital ekosistemlerle entegre etmek durumundadır. Ancak bu entegrasyon süreci sadece teknik bir altyapı kurulumu ya da yazılım güncellemesi olarak değerlendirilemez; aksine kurumun kültürel dokusunu ve çalışanların operasyonel alışkanlıklarını dönüştüren kapsamlı bir örgütsel değişim sürecidir. Bu bağlamda araştırmanın temel problemi, dijitalleşme süreçlerinin başarısında teknik yeterlilikten ziyade insan unsurunun belirleyici rol oynaması ve çalışanların bu sürece yönelik geliştirdikleri tutumların kurumsal performans üzerindeki etkisidir. Çalışmanın kuramsal çerçevesi, teknoloji kabul modelleri ve değişim yönetimi literatürü ile desteklenerek dijital dönüşümün sosyo-teknik boyutlarını ele almaktadır. Araştırmanın metodolojik altyapısı, nitel araştırma geleneklerinden fenomenolojik desene dayanmaktadır. Bu desen seçimi, katılımcıların dijital dönüşüm olgusuna ilişkin bireysel deneyimlerini, yükledikleri anlamları ve bu süreçte yaşadıkları bilişsel-duyuşsal tepkileri en saf haliyle betimleme imkanı sunmuştur. Çalışma grubu, amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme tekniği kullanılarak belirlenmiş ve bir devlet üniversitesinde görev yapan 22 akademik ve idari personelden oluşturulmuştur. Veri toplama sürecinde araştırmacılar tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmış, görüşmelerden elde edilen ham veriler ise sistematik bir şekilde temalara ayrıştırılarak betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Verilerin analizi sürecinde, katılımcıların ifadelerinden doğrudan alıntılara yer verilerek bulguların geçerliliği ve güvenilirliği desteklenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular, üniversite personelinin dijital dönüşüm süreçlerine karşı tutumlarının homojen bir yapı sergilemediğini göstermektedir. Katılımcılar genel olarak dijitalleşmenin kurumsal gelişim için gerekliliğini rasyonalize etseler de uygulama aşamasında statükoyu koruma eğilimi göstermektedirler. Belirlenen direnç faktörlerinin başında, çalışanların mevcut iş yapış biçimlerine duydukları bağlılık ve bu alışkanlıkların bozulmasına yönelik hissedilen kaygı gelmektedir. Bunun yanı sıra personelin dijital öz-yeterlilik algılarındaki düşüklük, teknolojik araçların kullanımına yönelik hissedilen öz-güven eksikliği ve sürecin beraberinde getirdiği yeni teknolojinin getirdiği stres önemli direnç kaynakları olarak saptanmıştır. Ayrıca dijitalleşmenin iş yükünü azaltmak yerine geçiş döneminde bürokratik süreçleri ve raporlama yükümlülüklerini artırdığına dair yaygın bir algı söz konusudur. Kurumsal düzeyde ise yönetim kademelerinden gelen bilgilendirmenin yetersizliği, değişim süreçlerine çalışan katılımının sembolik düzeyde kalması ve sağlanan hizmet içi eğitimlerin teknik içerikten yoksun olması direnci tetikleyen yönetsel değişkenler olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak çalışma, dijital dönüşümün teknik bir mesele olmaktan çok psikolojik ve örgütsel bir süreç olduğunu kanıtlamaktadır. Araştırma çıktılarına dayanarak yükseköğretim kurumlarının yönetim stratejilerinde "insan odaklı değişim yönetimi" modelini benimsemeleri gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda kurum içi iletişim kanallarının şeffaf bir şekilde işletilmesi, çalışanların dijital okuryazarlık yetkinliklerinin sürekli ve uygulamalı eğitimlerle desteklenmesi ve karar alma süreçlerinde katılımcı bir yaklaşımın sergilenmesi önerilmektedir. Çalışmanın sunduğu bu perspektif, dijitalleşme sürecindeki üniversiteler için stratejik bir yol haritası niteliği taşımakta ve literatürdeki örgütsel direnç çalışmalarına özgün bir katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, örgütsel direnç, yükseköğretim

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, m.fatih.kanoglu@yobu.edu.tr
[2] Düzce Üniversitesi, hasansaltukdurak@duzce.edu.tr

Abstract

The present study aims to analyze in comprehensive detail the underlying human factors contributing to organizational resistance during digital transformation processes within a higher education institution and to evaluate the repercussions of this resistance on institutional operations. In the contemporary academic landscape, higher education institutions are increasingly compelled to restructure their educational, research, and administrative frameworks through digital integration. However, this transition is far more complex than a mere technological overhaul; it represents a profound organizational paradigm shift that challenges established cultural norms and operational routines. The significance of this research lies in its focus on the decisive role of the human element in the success or failure of digital initiatives, emphasizing that without psychological and behavioral alignment, technical infrastructure remains insufficient. By framing digital transformation as a socio-technical phenomenon, this study seeks to fill a critical gap in the literature regarding institutional adaptation in the public sector. The research was methodologically grounded in a phenomenological qualitative design, which is specifically suited for investigating complex human experiences and the subjective meanings individuals assign to those experiences. This approach facilitated a deeper understanding of how faculty and staff perceive, interpret, and react to the pressures of digitalization. The study group comprised 22 academic and administrative staff members at a public university, selected through purposive sampling to ensure a diverse range of perspectives across different professional tiers. Data were collected via semi-structured interviews, allowing for a flexible yet rigorous exploration of the participants' inner worlds. The qualitative data were subsequently processed through descriptive analysis, categorizing the nuanced responses into thematic structures that highlight the intersection of individual concerns and organizational shortcomings. To ensure the credibility and confirmability of the findings, direct excerpts from the interviews were integrated into the analytical narrative. The research findings indicate that employees' attitudes toward digital transformation are not monolithic but rather reflect a state of cautious and conditional acceptance often marred by underlying resistance. While participants acknowledged the theoretical necessity of digitalization for institutional competitiveness, their practical engagement was frequently hindered by several significant barriers. A primary driver of resistance was identified as "status quo bias," or a psychological reluctance to abandon familiar work habits in favor of unproven digital systems. Furthermore, perceived deficiencies in digital self-efficacy and the resulting technostress were found to be major inhibitors of adoption. Many participants expressed concern over a perceived workload paradox, fearing that digital tools would introduce additional layers of administrative complexity rather than streamlining existing processes. At the organizational level, factors such as a lack of transparent communication from leadership, limited opportunities for participatory decision-making, and the inadequacy of training programs significantly exacerbated resistant behaviors among the staff. In conclusion, the study demonstrates that digital transformation in higher education is as much a psychological and cultural challenge as it is a technological one. The originality of this research stems from its holistic examination of resistance through the lenses of individual, organizational, and cultural dynamics. Based on the empirical evidence, it is recommended that university administrations move beyond top-down mandates and instead implement a more inclusive change management strategy. This strategy should prioritize the enhancement of digital competencies through continuous, hands-on professional development, the establishment of clear and honest communication channels, and the fostering of a collaborative institutional culture. By addressing the root causes of resistance, higher education institutions can facilitate a more seamless and sustainable digital transition, ultimately enhancing their overall organizational effectiveness in an increasingly digital world.

Keywords: Digital transformation, organizational resistance, higher education

SAĞLIK KURUMLARINDA DİJİTALLEŞMENİN YÖNETİM SÜREÇLERİNE ETKİSİ: YÖNETİCİ GÖRÜŞLERİ ÜZERİNDEN NİTEL BİR İNCELEME

THE IMPACT OF DIGITALIZATION ON MANAGEMENT PROCESSES IN HEALTHCARE INSTITUTIONS: A QUALITATIVE STUDY BASED ON MANAGERS' PERSPECTIVES

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih KANOĞLU[1]
Öğr. Gör. Hasan Saltuk DURAK[2]

Özet

Sağlık sektöründe son yıllarda gözlemlenen teknolojik dönüşüm, hastanelerin sadece tıbbi cihaz parkurlarını değil, aynı zamanda idari ve yönetimsel omurgalarını da kökten değiştirmektedir. Bu çalışmada, dijitalleşmenin hastane yönetimi üzerindeki somut etkilerini, Bolu'da faaliyet gösteren iki özel sağlık kuruluşunda görev yapan 29 yöneticinin penceresinden anlamaya çalıştık. Araştırmanın temel çıkış noktası, dijital araçların birer teknik gereklilik olmanın ötesine geçerek, karar alma mekanizmalarını, kaynak kullanımını ve kurum içi iletişim ağlarını nasıl yeniden yapılandırdığını ortaya koymaktır. Sağlık yönetiminde dijitalleşme, çoğu zaman verimlilik artışı ile eşdeğer görülse de, bu sürecin asıl başarısı personelin uyumu ve yönetimsel süreçlerin bu yeni hıza ne kadar adapte olabildiğiyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle çalışma, sadece teknolojik bir değişimi değil, aynı zamanda hastane koridorlarında ve yönetim odalarında yaşanan zihniyet değişimini de mercek altına almaktadır. Metodolojik olarak bu araştırma, bireylerin öznel deneyimlerine odaklanan fenomenolojik bir yaklaşımla yürütülmüştür. Bolu'daki özel hastanelerde görev yapan üst ve orta düzey yöneticilerle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış mülakatlar, dijitalleşmenin teorideki faydalarının sahada nasıl karşılık bulduğunu anlamamıza yardımcı olmuştur. Toplam 29 katılımcıdan elde edilen anlatılar, betimsel analiz yöntemiyle tasnif edilerek anlamlı temalar altında birleştirilmiştir. Verilerin analizi sırasında yöneticilerin doğrudan ifadelerine sadık kalınmış, böylece akademik çıkarımların sahadaki gerçeklikle örtüşmesi sağlanmıştır. Bu derinlemesine mülakatlar, dijital sistemlerin sadece veri depolama aracı değil, aynı zamanda stratejik birer yönlendirici olduğunu kanıtlar niteliktedir. Araştırmadan elde edilen bulgular, dijitalleşmenin sağlık yönetiminde hız ve şeffaflık açısından devrim niteliğinde sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Görüşme yapılan yöneticiler, özellikle anlık veri akışının hata payını ciddi oranda düşürdüğünü ve karar verme süreçlerini daha rasyonel bir zemine taşıdığını vurgulamışlardır. Manuel sistemlerden dijital platformlara geçiş, iş süreçlerinin standartlaşmasını sağlamış, bu da hasta memnuniyeti ve hizmet kalitesine doğrudan olumlu yansımıştır. Ancak her değişimde olduğu gibi, dijital dönüşümün de bazı sancıları beraberinde getirdiği görülmektedir. Çalışanların eski alışkanlıklarını terk etme konusundaki dirençleri, dijital okuryazarlık seviyesindeki dengesizlikler ve farklı yazılımların birbirine entegre edilmesi sırasında yaşanan teknik aksaklıklar, yöneticilerin en çok mesai harcadığı sorunlar olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, dijitalleşmenin hızı her ne kadar bilgi akışını artırsa da, yöneticiler zaman zaman yüz yüze iletişimin sıcaklığının ve niteliğinin azaldığına dair endişelerini de dile getirmişlerdir. Sonuç olarak bu çalışma, sağlıkta dijital dönüşümün sadece yazılım satın almakla bitmediğini, bu sürecin başarılı olması için güçlü bir liderlik ve değişim yönetimi stratejisinin şart olduğunu ortaya koymaktadır. Yöneticilerin sadece teknik bilgiye değil, aynı zamanda ekiplerini bu dijital serüvene ikna edebilecek "dijital liderlik" becerilerine sahip olması gerekmektedir. Araştırma sonuçlarına dayanarak, sağlık kurumlarına teknik altyapı yatırımlarıyla eş zamanlı olarak insan kaynağının dijital yetkinliğini artıracak eğitimlere ağırlık vermeleri önerilmektedir. Katılımcı bir yönetim anlayışıyla desteklenen dijitalleşme hamleleri, sağlık kurumlarının hem operasyonel başarısını hem de hizmet kalitesini çok daha üst seviyelere taşıyacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Sağlık Yönetimi, Yönetim Süreçleri

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, m.fatih.kanoglu@yobu.edu.tr
[2] Düzce Üniversitesi, hasansaltukdurak@duzce.edu.tr

Abstract

The rapid integration of digital technologies within the healthcare sector has evolved far beyond a simple support function, becoming a fundamental pillar of organizational strategy and administrative structure. This study investigates the tangible impacts of digitalization on hospital management through the professional insights of 29 executives working in two private healthcare facilities located in Bolu. The primary objective is to demonstrate how digital tools have restructured critical managerial functions, such as strategic decision-making, resource allocation, and internal communication networks. In modern healthcare settings, digitalization is frequently associated with enhanced efficiency; however, the true success of this transition depends on how effectively human capital aligns with these new systems and how administrative workflows adapt to the accelerated pace. Consequently, this research examines not just a technological shift, but a profound change in the organizational mindset occurring within both administrative offices and clinical environments. From a methodological standpoint, the study adopted a phenomenological approach, which is ideal for exploring the subjective lived experiences of individuals within a specific context. Semi-structured interviews were conducted with middle and senior managers to bridge the gap between the theoretical promises of digital health and the practical realities encountered on the ground. The narratives collected from the 29 participants were processed using descriptive analysis, enabling the identification of key themes that reflect the daily complexities of managing digital transitions. Throughout the analytical process, direct quotations from the executives were utilized to maintain the authenticity of the findings and ensure that the academic interpretations were firmly rooted in the actual experiences of the practitioners. These in-depth discussions confirm that digital systems serve not merely as data repositories but as essential strategic guides for modern healthcare leadership. The findings derived from the interviews reveal that digitalization has triggered a transformative shift in terms of speed, transparency, and accountability within healthcare management. Participating managers emphasized that the availability of real-time data significantly reduces human error and allows for more rational, evidence-based decision-making. Moving away from manual, paper-based processes toward integrated digital platforms has standardized operations, which in turn has had a direct positive impact on patient satisfaction and overall service quality. However, as with any major organizational change, the digital transition has introduced its own set of challenges. Resistance to change among staff members, disparities in digital literacy levels, and technical hurdles encountered during system integration emerged as the most prominent issues requiring managerial intervention. Furthermore, while digital tools have undoubtedly accelerated information flow, some executives raised concerns regarding the potential erosion of interpersonal communication quality as digital interactions increasingly replace face-to-face contact. Ultimately, this study underscores that digital transformation in healthcare is not a one-time technical investment but a continuous process that demands robust leadership and a sophisticated approach to change management. It is clear that healthcare managers must possess more than just technical proficiency; they need "digital leadership" skills to inspire and guide their teams through these systemic shifts. Based on the empirical evidence, it is recommended that healthcare institutions prioritize human-centric training programs alongside technological upgrades to enhance the digital self-efficacy of their workforce. Digital initiatives supported by a participatory management style will not only improve the operational performance of healthcare organizations but also elevate the standard of care provided to patients. By addressing the psychological and technical barriers simultaneously, institutions can ensure a more sustainable and effective digital future in the healthcare arena.

Keywords: Digitalization, Healthcare Management, Management Processes

MİMARİ RESTORASYONDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİ: TARİHÎ AVANOS KÖPRÜSÜ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

SUSTAINABILITY PERSPECTIVE IN ARCHITECTURAL RESTORATION: AN EVALUATION OF THE HISTORICAL AVANOS BRIDGE

Öğr. Gör. Esra AKMAN[1]
Doç. Dr. Arife Deniz OKTAÇ BEYCAN[2]

Özet

Kültürel mirası korumada temel bir disiplin olan mimari restorasyon kavramı, sürdürülebilirlik yaklaşımının yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu yaklaşım, çevresel, kültürel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği içeren disiplinler arası bir bakış açısı gerektirir. Çağdaş koruma anlayışı, kültür varlıklarının özgünlüğünü koruyarak gelecek kuşaklara aktarılmasını amaçlamaktadır. Ancak değişen yaşam koşulları nedeniyle birçok tarihi yapı özgün işlevini yitirmekte ve işlevsiz bırakılmaktadır. Bu durum, yeniden işlevlendirme uygulamalarını sürdürülebilir restorasyonun temel araçlarından biri haline getirmiştir. Yerel malzemenin kullanımı ve geleneksel yapım teknikleri, tarihi yapıların doğası gereği sürdürülebilir olmasını sağlarken, yeniden kullanım uygulamaları da ekonomik, sosyal ve kültürel sürekliliği güçlendirmektedir. Uluslararası literatürde sürdürülebilir koruma, yalnızca fiziksel müdahalelerle sınırlı olmayıp, toplumsal bellek, kimlik ve duygusal bağların korunmasını da kapsayan bütüncül bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır. Toplumsal katılım, sürdürülebilir restorasyon süreçlerinin başarısında belirleyici bir unsur olup, UNESCO'nun yaklaşımıyla uyumlu şekilde kültürel çeşitliliği ve aktif katılımı esas alan uygulamalar hem koruma çalışmalarını güçlendirmekte hem de toplumsal kalkınmayı desteklemektedir. Bu çalışmada, Nevşehir ili Tarihi Avanos Köprüsü'nün restorasyon sürecinin sürdürülebilirliğe olan katkıları ele alınmıştır. Çalışmanın yöntemi olarak, literatür taraması ve belgeleme çalışmalarına dayalı analiz yaklaşımı benimsenmiştir; bu kapsamda mevcut bilimsel kaynaklar incelenmiş, yerinde gözlem ve fotoğraf ile belgeleme çalışmalarıyla elde edilen veriler bütüncül bir şekilde değerlendirilerek tarihi köprünün restorasyon analizi yapılmıştır. Tarihî Avanos Köprüsü, 1902–1906 yılları arasında inşa edilmiş, 1926 yılında tabliyesinin betonarme olarak yenilenmesiyle kullanımını sürdürmüştür. Bu köprü şehrin Gülşehir, Ürgüp, Nevşehir ve çevre kasabalara bağlantısını artırmış ve imar faaliyetlerinin gelişmesinde önemli rol oynamıştır. 11 taş ayak üzerine 152,25 m uzunluğunda ve 5,30 m genişliğinde inşa edilen bu yapı restorasyon öncesinde de yaya ve taşıt trafiğine hizmet vermektedir. Eserin özgün nitelikleri korunarak, yapısal ömrünü tamamlamış betonarme tabliye çelik sistemle yenilenmiştir. Hasarlı ayaklar tamamlama yöntemiyle restore edilmiş, ayaklara tahkimat ve güçlendirme yapılmıştır. Köprünün, yaya ve taşıt geçişine güvenli biçimde hizmet vermesi sağlanmış ve sadece iki yakayı bağlamakla kalmayıp köprü turistik bir odak noktası haline getirilmiştir. Sonuç olarak Tarihi Avanos Köprüsü; dönemsel ihtiyaçlar doğrultusunda sosyal, kültürel ve çevresel olarak sürdürülebilirliğini korumuş ve günümüzde hem ulaşım hem de turizm işleviyle kent yaşamına değer katmaya devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kültürel Miras, Sürdürülebilirlik, Restorasyon, Tarihi Köprü, Yeniden İşlevlendirme

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, esra.akman@yobu.edu.tr
[2] Konya Teknik Üniversitesi, adobeycan@ktun.edu.tr

Abstract

Architectural restoration, a fundamental discipline in the preservation of cultural heritage, necessitates a reassessment of the sustainability approach. This approach requires an interdisciplinary perspective encompassing environmental, cultural, social, and economic sustainability. Contemporary conservation aims to preserve the authenticity of cultural assets and pass them on to future generations. However, due to changing living conditions, many historical structures lose their original function and are left without functionality. This situation has made repurposing practices one of the fundamental tools of sustainable restoration. The use of local materials and traditional construction techniques ensures the inherent sustainability of historical structures, while reuse practices strengthen economic, social, and cultural continuity. In international literature, sustainable conservation is considered a holistic approach that is not limited to physical interventions but also includes the preservation of social memory, identity, and emotional ties. Community participation is a decisive element in the success of sustainable restoration processes, and practices that prioritize cultural diversity and active participation, in line with UNESCO's approach, both strengthen conservation efforts and support social development. This study examines the contributions of the restoration process of the historical Avanos Bridge in Nevşehir province to sustainability. The study adopted an analytical approach based on literature review and documentation studies; within this scope, existing scientific sources were examined, and data obtained through on-site observation and photographic documentation studies were evaluated holistically to conduct a restoration analysis of the historical bridge. The historic Avanos Bridge, constructed between 1902 and 1906, continued its use after its deck was renovated with reinforced concrete in 1926. This bridge improved the city's connection to Gülşehir, Ürgüp, Nevşehir, and surrounding towns, playing a significant role in the development of urban activities. Built on 11 stone piers, this structure, 152.25 meters long and 5.30 meters wide, served both pedestrian and vehicular traffic even before its restoration. While preserving the original characteristics of the structure, the reinforced concrete deck, which had reached the end of its structural lifespan, was renewed with a steel system. Damaged piers were restored using a completion method, and reinforcement and strengthening were carried out on the piers. The bridge's safe service for pedestrian and vehicular passage has been ensured, and it has not only connected the two banks but has also become a tourist focal point. In conclusion, the historic Avanos Bridge has maintained its social, cultural, and environmental sustainability in line with the needs of the period and continues to add value to city life today through both its transportation and tourism functions.

Keywords: Cultural Heritage, Sustainability, Restoration, Historic Bridge, Repurposing

ALGORİTMİK ADALETSİZLİK KONUSUNUN ONLİNE SİPARİŞLER ÜZERİNE MEDYA ANALİZİ

MEDIA ANALYSIS OF ALGORITHMIC INJUSTICE IN ONLINE ORDERING SYSTEMS

Mikail UYKUN[1]

Özet

Algoritmik adaletsizlik, yazılım teknolojilerinin, veri temelli karar mekanizmalarının ve yapay zekâ uygulamalarının hızla yaygınlaşmasıyla birlikte güncel toplumsal tartışmalar içinde öne çıkan önemli bir kavram hâline gelmiştir. Bu kavram, dijital sistemlerin tarafsız ve nesnel olduğu yönündeki yaygın kabulü sorgulamakta; algoritmaların belirli kişi ya da gruplar üzerinde eşitsizlik, dışlama ve ayrımcılık üretebileceğine işaret etmektedir. Algoritmik adaletsizlik, yalnızca teknik bir hata ya da sistemsel aksaklık olarak değil, aynı zamanda toplumsal ilişkiler, ekonomik çıkarlar ve güç dağılımı ile bağlantılı bir süreç olarak da ele alınmalıdır. Bu bağlamda, yazılım sistemlerine doğrudan ya da dolaylı biçimde yerleştirilen bazı karar verme mekanizmalarının bireyleri adaletsiz sınıflandırmalara maruz bırakabildiği, çalışma yaşamında fırsat eşitsizliği yaratabildiği ve ayrımcı sonuçlar üretebildiği düşünülmektedir.

Bu çalışma, online sipariş uygulamaları aracılığıyla çalışma yaşamına katılan kuryelerin algoritmik adaletsizlik olgusuna ilişkin düşüncelerini medya içerikleri üzerinden sosyolojik bir bakış açısıyla incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın temel amacı, geçimini online sipariş sistemleri üzerinden sağlayan kuryelerin algoritmik işleyişe yönelik algılarını ortaya koymak; bu süreçte karşılaştıkları ya da karşılaşma ihtimali taşıdıkları sorunları görünür kılmaktır. Çalışmanın temel araştırma problemi ise, online sipariş firmalarında kullanılan algoritmik kodların ve dijital karar mekanizmalarının kuryelerin çalışma koşulları, gelir dağılımı, performans değerlendirmesi ve mesleki deneyimleri üzerinde etkili olup olmadığını anlamaktır.
Araştırma, algoritmik adaletsizlik meselesini ekonomik sürdürülebilirlik ile sosyoekonomik fayda arasındaki gerilim üzerinden tartışmaktadır. Bu çerçevede ekonomik sürdürülebilirlik anlayışının, kimi durumlarda bireylerin kırılganlıklarını kullanmaya elverişli bir araç hâline gelebileceği; algoritmik adaletsizliğin ise bu sürecin görünür sonuçlarından biri olarak ortaya çıkabileceği varsayılmaktadır. Çalışma nitel araştırma deseni çerçevesinde kurgulanmıştır. Bu kapsamda, konuya ilişkin çevrim içi platformlarda yer alan kullanıcı yorumları, haber içerikleri, sosyal medya paylaşımları ve dijital medya tartışmaları incelenerek bir medya analizi gerçekleştirilecektir. Böylece algoritmik adaletsizliğin bireysel, toplumsal, kültürel ve ekonomik boyutları çok yönlü biçimde değerlendirilecektir.

Araştırmadan beklenen bulgular, kâr ve verimlilik odaklı dijital yönetim anlayışlarının çalışma barışını ve iş huzurunu zedeleyebileceğine işaret etmektedir. Bunun yanında algoritmik adaletsizliğin yalnızca iş organizasyonu ve gelir eşitsizliğiyle sınırlı kalmayıp, toplumsal cinsiyet ayrımcılığı, ırksal önyargı, sosyal eşitlik ve emek sömürüsü gibi daha geniş toplumsal sorunlarla da ilişkili olabileceği öngörülmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın, online sipariş sektöründe dijital emek süreçlerinin daha adil, şeffaf ve insan odaklı biçimde değerlendirilmesine katkı sunması; aynı zamanda algoritmik adaletsizliğin olası etkilerini azaltmaya yönelik akademik ve uygulamalı çalışmalara kavramsal bir zemin hazırlaması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Algoritmik Adaletsizlik; Online Sipariş Uygulamaları; Kurye Emeği; Yapay Zekâ; Sosyal Eşitlik**.**

[1] mikail.uykun@gmail.com

Abstract

Algorithmic injustice has become a significant concept in contemporary social debates with the rapid expansion of software technologies, data-driven decision-making mechanisms, and artificial intelligence applications. This concept challenges the widespread assumption that digital systems are neutral and objective, and it points to the possibility that algorithms may generate inequality, exclusion, and discrimination against certain individuals or groups. Algorithmic injustice should be understood not merely as a technical error or a systemic malfunction, but also as a process shaped by social relations, economic interests, and power distribution. In this respect, it is argued that certain decision-making mechanisms embedded directly or indirectly into software systems may expose individuals to unfair classifications, create inequality of opportunity in working life, and produce discriminatory outcomes.

This study aims to examine, from a sociological perspective, the views of couriers participating in working life through online ordering applications regarding the phenomenon of algorithmic injustice, based on media content. The main objective of the research is to reveal the perceptions of couriers who make their living through online ordering systems toward algorithmic operations and to make visible the problems they encounter or are likely to encounter in this process. The principal research problem of the study is to understand whether the algorithmic codes and digital decision-making mechanisms used by online ordering companies affect the working conditions, income distribution, performance evaluation, and professional experiences of couriers.

The study discusses the issue of algorithmic injustice through the tension between economic sustainability and socioeconomic benefit. Within this framework, it is assumed that the understanding of economic sustainability may, in some cases, become a tool that is conducive to exploiting individuals' vulnerabilities, while algorithmic injustice may emerge as one of the visible consequences of this process. The research is structured within a qualitative research design. In this context, a media analysis will be conducted through the examination of user comments, news content, social media posts, and digital media discussions available on online platforms related to the subject. In this way, the individual, social, cultural, and economic dimensions of algorithmic injustice will be evaluated from a multidimensional perspective.
The expected findings of the research suggest that digital management approaches centered on profit and efficiency may undermine workplace peace and working well-being. In addition, it is anticipated that algorithmic injustice may not remain limited to work organization and income inequality, but may also be associated with broader social issues such as gender discrimination, racial bias, social equality, and labor exploitation. In this regard, the study is expected to contribute to the evaluation of digital labor processes in the online ordering sector in a fairer, more transparent, and human-centered manner, while also providing a conceptual basis for academic and applied studies aimed at reducing the potential effects of algorithmic injustice.

Keywords: Algorithmic Injustice; Online Ordering Applications; Courier Labor; Artificial Intelligence; Social Equality.

BİTKİSEL ÜRETİMDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: YAPAY ZEKÂ, OTOMASYON VE ROBOTİK UYGULAMALARINDAKİ KÜRESEL EĞİLİMLER VE YENİLİKLER

DIGITAL TRANSFORMATION IN PLANT PRODUCTION: GLOBAL TRENDS AND INNOVATIONS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AUTOMATION, AND ROBOTICS APPLICATIONS

Dr. Öğr. Üyesi Gülfinaz ÖZOĞUL[1]

Özet

Küresel ısınmaya bağlı olarak çevresel felaketlerin artması ve doğal kaynakların azalması, tarımsal uygulamalarda daha verimli, dayanıklı, sürdürülebilir ve etkili çözümler geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Dijital teknolojilerin bitkisel üretimde kullanılması, kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını sağlarken, kalite ve verimliliği artırmakta, tüketicileri sağlıklı ve güvenilir gıda ile buluşturabilmekte, aynı zamanda girdi maliyetlerini düşürerek, israfı ve çevresel etkileri de azaltmaktadır. Modern tarım uygulamalarında bilgi ve iletişim teknolojileri üzerine yapılan son araştırmalar, "Akıllı Tarım Teknolojileri", "Nesnelerin İnterneti", "Yapay Zekâ", "Otonom Makineler" ve "Tarımda Robotik" gibi yenilikçi yaklaşımları, çiftçilerin yükünü hafifleterek ve artan gıda talebini karşılayarak tarımda devrim yaratma potansiyeline sahip kilit teknolojiler olarak belirlemiştir. Akıllı tarım teknolojilerinin kullanımı, sahada toplanan verilerden daha iyi içgörüler elde edilmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda manuel işgücünü en aza indirerek tarımsal uygulamaların sistematik bir şekilde planlanmasına da olanak tanır. Doğru planlama ve uygulama ile birleştirildiğinde, bu deneyimler tarımı daha da ileriye götürecektir. İklim değişikliğiyle mücadelede, sera gazı emisyonlarının azaltılması, suyun tasarruflu kullanılması, toprak sağlığının korunması ve karbon tutma gibi sürdürülebilirlik odaklı uygulamalar önemli bir rol oynamaktadır. Tarımda sürdürülebilirliği sağlayacak ve sektörün geleceğini şekillendirecek olan dijital dönüşüm: Hassas Tarım, Akıllı Tarım, Yapay Zekâ, Tarımsal Otomasyon ve Robotik uygulamalarındaki küresel eğilimlerin ve yeniliklerin gerçekçi ve ayrıntılı bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenlerle, bu çalışma bitkisel üretimde yeni teknolojilerin uygulanması yoluyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleme, küresel gıda güvenliği sorunlarını ele alma ve çevresel etkileri en aza indirgeme konusunda değerli bilgiler sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, tarım sektöründe akıllı tarım teknolojilerinin benimsenmesi ve uygulanmasıyla ilgili küresel eğilimler ve yenilikler hakkında da bilgi sağlayacaktır. Bu kapsamda, son 15 yıl içinde ziraat mühendisliği alanında yürütülen araştırmalar, Ulusal Tez Merkezi, Scopus ve Web of Science gibi bilimsel veri tabanları kullanılarak incelenmiş ve öne çıkan uygulamalar belirlenmiştir. Sonuç olarak, tarımda dijital teknolojilerin artan kullanımı, tarım robotlarının performans ve yeteneklerindeki önemli gelişmelerle birleştiğinde, sera gazı emisyonlarının ve kimyasal kullanımın azaltılmasına katkıda bulunurken, çiftçilere manuel iş gücünü azaltma, zamanlarını daha iyi kullanma ve operasyonlarını daha verimli yönetme fırsatı sunmaktadır. Bu robotlar tohum, toprak, bitki ve yabani otlardaki anormallikleri tespit eder, hastalık belirtilerini belirler ve bitkilerin sağlığını ve kalitesini korumak için gerekli müdahaleleri yapar. Tarımda dijital dönüşüm, güçlü gerçek zamanlı izleme sistemleri, son derecede kullanıcı dostu tarla yönetimi yetenekleri, hassas tarım ve ileri robotik teknolojileri sayesinde bir veya daha fazla hedefi gerçekleştirerek, gelecekte tarımı daha sürdürülebilir, verimli ve uygun maliyet etkin hale getirecektir. Ekonomik kazançlar ve rekabet avantajları sağlamanın yanı sıra, akıllı tarımda bir devrim başlatması ve küresel ölçekte giderek artan bir ilgi görmesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Tarım, Akıllı Tarım Teknolojileri, Yapay Zekâ, Tarımsal Otomasyon, Tarım Robotları

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, gulfinaz.ozogul@bozok.edu.tr

Abstract

The increase in environmental disasters and dwindling natural resources due to global warming has made it imperative to develop more productive, resilient, sustainable, and effective solutions in agricultural practices. The use of digital technologies in plant production ensures the optimal use of resources, enhances quality and productivity, provides consumers with healthy and safe food, and simultaneously reduces input costs, waste, and environmental impacts. Recent research on information and communication technologies in modern agricultural practices has identified innovative approaches such as "Smart Agriculture Technologies," "the Internet of Things," "Artificial Intelligence," "Autonomous Machinery," and "Robotics in Agriculture" as key technologies with the potential to revolutionize farming by reducing the burden on farmers and meeting the increasing demand for food. The use of smart agriculture technologies not only enables the effective generation of better insights from data collected in the field but also allows for the systematic planning of agricultural practices with minimal manual labor. When combined with proper planning and implementation, these experiences will take agriculture to the next level. In the fight against climate change, sustainability-focused practices such as reducing greenhouse gas emissions, conserving water, protecting soil health, and carbon sequestration play a significant role. Digital transformation, which will ensure sustainability in agriculture and shape its future, requires a realistic and detailed discussion of global trends and innovations in Precision Agriculture, Smart Agriculture, Artificial Intelligence, Agricultural Automation, and Robotics applications. For these reasons, this study aims to provide valuable insights into supporting sustainable development goals, addressing global food security issues, and minimizing environmental impacts through the application of new technologies in plant production. It will also provide information on global trends and innovations related to the adoption and application of smart farming technologies in the agricultural sector. Within this scope, research conducted in the field of agricultural engineering over the last 15 years has been examined using scientific databases such as the National Thesis Center, Scopus, and Web of Science, and outstanding practices have been identified. In conclusion, the growing use of digital technologies in agriculture, coupled with significant advancements in the performance and capabilities of agricultural robots, is helping to reduce greenhouse gas emissions and chemical use, while offering farmers the opportunity to reduce manual labor, make better use of their time, and manage their operations more efficiently. These robots detect seed, soil, plant, and weed anomalies, spot disease patterns, and treat plants to protect health and quality. Digital transformation in agriculture will make farming more sustainable, efficient, and cost-effective in the future by achieving one or more objectives through robust real-time monitoring systems, highly user-friendly field management capabilities, precision agriculture, and advanced robotics. In addition to generating economic gains and competitive advantages, it is expected to spark a revolution in smart agriculture and attract increasing global attention.

Keywords: Smart Agriculture, Smart Agriculture Technologies, Artificial Intelligence, Agricultural Automation, Agricultural Robots

TÜRKİYE'DE GÜMRÜK VE DIŞ TİCARET İŞLEMLERİNİN DİJİTALLEŞMESİ: HUKUKİ BOYUTU VE EKONOMİK ETKİLERİ

DIGITALIZATION OF CUSTOMS AND FOREIGN TRADE TRANSACTIONS IN TÜRKİYE: LEGAL ASPECTS AND ECONOMIC IMPACTS

Hasan CEYHAN[1]

Özet

Küresel ticaret hacmindeki artış ve sınır ötesi işlemlerin hızlanması, gümrük ve dış ticaret süreçlerinin daha etkin, hızlı ve şeffaf şekilde yürütülmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda dijitalleşme, gümrük idareleri açısından teknik bir dönüşüm olmanın yanı sıra, hukuki ve kurumsal yapıyı yeniden şekillendiren önemli bir husus olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de gümrük ve dış ticaret işlemlerinin dijitalleşme sürecini incelemekte, mevcut uygulamaları, sağladığı avantajları ve ortaya çıkardığı hukuki sorunları ekonomik etkileriyle beraber analiz etmektedir.

Türkiye'de dijital gümrük uygulamaları, başta Tek Pencere Sistemi, elektronik beyanname ve kağıtsız gümrük işlemleri olmak üzere çeşitli araçlarla hayata geçirilmiştir. Tek Pencere Sistemi sayesinde, ithalat ve ihracat işlemlerinde farklı kamu kurumlarına yapılması gereken başvuru ve izin süreçleri tek bir dijital platform üzerinden yürütülebilmekte, bu durum işlem sürelerini önemli ölçüde kısaltmaktadır. Elektronik beyanname ve e-belge uygulamaları ise fiziki evrak kullanımını azaltarak işlem maliyetlerini düşürmekte ve süreçlerin daha hızlı tamamlanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca risk analizi ve yapay zekâ destekli denetim mekanizmaları, gümrük işlemlerinde daha hedefli ve etkin kontrol imkânı sunmaktadır.

Dijitalleşmenin gümrük işlemlerine etkileri incelendiğinde, üç temel avantaj öne çıkmaktadır: İşlem sürelerinin kısalması ve maliyetlerin azalması, şeffaflık ve izlenebilirliğin artması, veri kalitesinin yükselmesi ve insan hatalarının azalması. Bu gelişmeler, dış ticaret işlemlerinin daha öngörülebilir ve rekabetçi bir yapıya kavuşmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle ihracat süreçlerinde sağlanan hız ve maliyet avantajı, firmaların uluslararası pazarlardaki rekabet gücünü artırmaktadır.

Bununla birlikte, dijitalleşme süreci yeni hukuki sorun alanlarını da beraberinde getirmektedir. Elektronik belgelerin hukuki geçerliliği ve delil niteliği konusunda uygulamada tereddütler yaşanabilmekte, sistem arızaları nedeniyle işlemlerin gecikmesi durumunda sorumluluğun idare ile yükümlü arasında nasıl paylaşılacağı belirsizliğini korumaktadır. Ayrıca veri güvenliği ve kişisel verilerin korunması, dijital gümrük uygulamalarında kritik bir risk alanı olarak öne çıkmaktadır. Farklı sistemler arasındaki entegrasyon sorunları ve yazılım kaynaklı hatalar ise yanlış beyanlara ve idari yaptırımlara yol açarak uyuşmazlıklara neden olabilmektedir.

Çalışmada ayrıca Avrupa Birliği uygulamaları ve Dünya Gümrük Örgütü standartları ile karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmıştır. Avrupa Birliği'nde dijital gümrük süreçlerine ilişkin hukuki altyapının daha açık ve kapsamlı olduğu, elektronik belgelerin hukuki statüsünün net şekilde düzenlendiği ve sistem arızalarına ilişkin sorumlulukların belirgin olduğu görülmektedir. Bu durum, Türkiye'de mevzuatın dijitalleşme süreciyle daha uyumlu hale getirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Son yıllarda Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı ve Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması gibi gelişmeler, gümrük işlemlerinde dijital veri paylaşımını ve sertifikasyon sistemlerini zorunlu hale getirmiştir. Bu gelişmeler, dijitalleşmenin yalnızca bir verimlilik aracı değil, aynı zamanda çevresel ve ticari uyumun sağlanmasında kritik bir unsur olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, Türkiye'de gümrük ve dış ticaret işlemlerinin dijitalleşmesi önemli kazanımlar sağlamış olmakla birlikte, bu sürecin sürdürülebilirliği için hukuki altyapının güçlendirilmesi, teknik sistemlerin geliştirilmesi ve

[1] Ticaret Bakanlığı, ceyhanhasan@hotmail.com

uluslararası standartlarla uyumun artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda mevzuatın güncellenmesi, elektronik belgelerin hukuki statüsünün açıkça belirlenmesi, veri güvenliği önlemlerinin güçlendirilmesi ve uygulamada birlik sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu adımlar, hem idare hem de yükümlüler açısından daha öngörülebilir ve güvenli bir ticaret ortamının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma, Türkiye'de gümrük ve dış ticaret işlemlerinin dijitalleşme sürecini incelemeyi, dijital uygulamaların ticaret süreçlerine etkilerini değerlendirmeyi ve bu süreçte ortaya çıkan olası hukuki uyuşmazlıklar ile sorun alanlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bunla birlikte son zamanlarda gündeme gelen karbon emisyonu ve yeşil mutabakat gibi dijitalleşme ile ilgili güncel tartışma alanlarına da yer verilmiştir. Ayrıca dijitalleşmenin getirebileceği hukuki sorunların çözümü ve dijital dönüşümün sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik öneriler de çalışma kapsamında ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Gümrük İşlemleri, Dış Ticaret, Tek Pencere Sistemi, Yeşil Mutabakat.

Abstract

The increase in global trade volume and the acceleration of cross-border transactions have made it imperative to conduct customs and foreign trade processes in a more efficient, faster, and transparent manner. In this context, digitalization has emerged not only as a technical transformation for customs authorities but also as a significant factor reshaping the legal and institutional framework. This study examines the digitalization process of customs and foreign trade operations in Türkiye, analyzing current practices, the advantages they offer, and the legal issues they raise, along with their economic impacts.

Digital customs applications in Türkiye have been implemented through various means, primarily the Single Window System, electronic declarations, and paperless customs procedures. Thanks to the Single Window System, application and permit processes that previously required submissions to different public institutions for import and export transactions can now be managed through a single digital platform, significantly shortening processing times. Electronic declaration and e-document applications reduce the use of physical documents, lowering transaction costs and contributing to faster process completion. Furthermore, risk analysis and AI-supported audit mechanisms offer more targeted and effective control capabilities in customs procedures.

When examining the effects of digitalization on customs procedures, three key advantages stand out: shorter processing times and reduced costs, increased transparency and traceability, and improved data quality and reduced human error. These developments contribute to making foreign trade operations more predictable and competitive. In particular, the speed and cost advantages achieved in export processes enhance companies' competitive strength in international markets.

However, the digitalization process also brings with it new areas of legal concern. In practice, there may be hesitation regarding the legal validity and evidentiary value of electronic documents, and it remains unclear how liability will be shared between the administration and the obligated party in the event of transaction delays caused by system failures. Furthermore, data security and the protection of personal data have emerged as critical risk areas in digital customs applications. Integration issues between different systems and software-related errors can lead to incorrect declarations and administrative penalties, thereby causing disputes.

The study also includes a comparative assessment of European Union practices and World Customs Organization standards. It is observed that the legal framework for digital customs processes in the European Union is more transparent and comprehensive, the legal status of electronic documents is clearly defined, and responsibilities regarding system failures are well-defined. This situation highlights the need to align Turkish legislation more closely with the digitalization process.

In recent years, developments such as the European Union Green Deal and the Border Carbon Adjustment Mechanism have made digital data sharing and certification systems mandatory in customs procedures. These developments demonstrate that digitalization is not only a tool for increased efficiency but also a critical element in ensuring environmental and commercial compliance.

In general, while the digitization of customs and foreign trade procedures in Türkiye has yielded significant benefits, strengthening the legal framework, improving technical systems, and enhancing compliance with international standards are necessary to ensure the sustainability of this process. In this context, updating legislation, clearly defining the legal status of electronic documents, strengthening data security measures, and ensuring consistency in implementation are of great importance. These steps will contribute to creating a more predictable and secure trade environment for both the administration and the parties involved.

In conclusion, this study aims to examine the digitalization process of customs and foreign trade procedures in Türkiye, assess the impact of digital applications on trade processes, and identify potential legal disputes and problem areas arising from this process. Additionally, the study addresses current topics related to digitalization, such as carbon emissions and the Green Deal, which have recently come to the forefront. Furthermore, the study

addresses recommendations for resolving legal issues that digitalization may bring and ensuring the sustainability of digital transformation.

Keywords: Digitalization, Customs Procedures, Foreign Trade, Single Window System, Green Deal.

TÜRKİYE'DE TARIMSAL İSTİHDAMIN BELİRLEYİCİLERİ: DİJİTALLEŞME, EKONOMİK BÜYÜME VE DÖVİZ KURUNUN ETKİLERİ ÜZERİNE AUGMENTED ARDL (A-ARDL) YAKLAŞIMI0*

DETERMINANTS OF AGRICULTURAL EMPLOYMENT IN TURKEY: THE EFFECTS OF DIGITALIZATION, ECONOMIC GROWTH, AND EXCHANGE RATES BASED ON AN AUGMENTED ARDL (A-ARDL) APPROACH

Bayram KAYANTAŞ[1]
Öğr. Gör. Muhammet Kerem GÜNEŞ[2]
Doç. Dr. Mücahit ÇAYIN[3]

Özet

Bu çalışmada, Türkiye ekonomisinde tarımsal istihdamın toplam istihdam içerisindeki payını (TIST) belirleyen temel dinamikler, 1994-2024 dönemi yıllık verileri kullanılarak incelenmektedir. Çalışmanın temel amacı, dijitalleşmenin bir göstergesi olarak internet kullanım oranı (INT), ekonomik büyüme (GSYH) ve döviz kurunun logaritmik değeri (LNKUR) değişkenlerinin tarımsal istihdam üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkilerini Augmented Autoregressive Distributed Lag (A-ARDL) yaklaşımı çerçevesinde ampirik olarak analiz etmektir. Bu bağlamda, tarım sektörünün istihdam yapısı içerisindeki konumunun zaman içerisindeki değişimi ve söz konusu değişimin hangi faktörler tarafından belirlendiği temel problem olarak ele alınmaktadır. Elde edilen bulgular, hesaplanan F-istatistiğinin anlamlılık düzeyindeki kritik değerleri aşmasıyla birlikte değişkenler arasında güçlü bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir. Uzun dönem katsayı tahminleri, internet kullanım oranı, ekonomik büyüme ve döviz kurunun tarımsal istihdam payı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, dijitalleşme sürecinin hızlanması ve ekonomik büyümenin artmasıyla birlikte iş gücünün tarım sektöründen sanayi ve hizmet sektörlerine yöneldiğini ve yapısal dönüşüm sürecinin güçlendiğini göstermektedir. Ayrıca, Wald testi sonuçları bağımsız değişkenlerin birlikte istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymakta ve modelin açıklayıcılığını desteklemektedir. Sonuç olarak elde edilen bulgular, Türkiye ekonomisinde dijitalleşme, ekonomik büyüme ve döviz kuru dinamiklerinin tarımsal istihdam üzerinde azaltıcı yönde etkide bulunduğunu ve bu sürecin yapısal dönüşüm ile uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, politika yapıcıların tarım sektöründen ayrılan iş gücünün sanayi ve hizmet sektörlerine entegrasyonunu kolaylaştıracak mesleki eğitim ve beceri geliştirme programlarına ağırlık vermesi önem arz etmektedir. Bununla birlikte, tarımda verimliliği artırmaya yönelik dijital teknolojilerin yaygınlaştırılması desteklenmeli, ancak bu dönüşümün istihdam üzerindeki olası olumsuz etkilerini dengeleyici sosyal politikalar da eş zamanlı olarak uygulanmalıdır. Ayrıca, kırsal kalkınma politikaları güçlendirilerek tarım dışı istihdam olanakları artırılmalı ve bölgesel gelir eşitsizliklerinin derinleşmesi önlenmelidir. Son olarak, döviz kuru dalgalanmalarının tarım sektörü üzerindeki etkilerini sınırlamak amacıyla istikrarlı makroekonomik politikalar izlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal İstihdam, Dijitalleşme, Ekonomik Büyüme, A-ARDL

[1] Batman Üniversitesi, b.kayantas@gmail.com
[2] Batman Üniversitesi, muhammetkerem.gunes@batman.edu.tr
[3] Batman Üniversitesi,mucahit.cayin@batman.edu.tr

Abstract

This study examines the main determinants of the share of agricultural employment in total employment (AE) in the Turkish economy, using annual data for the period 1994-2024. The primary objective of the study is to empirically analyze the short- and long-run effects of internet usage rate (INT), as an indicator of digitalization, economic growth (GDP), and the logarithmic value of the exchange rate (LNER) on agricultural employment within the framework of the Augmented Autoregressive Distributed Lag (A-ARDL) approach. In this context, the study focuses on how the position of the agricultural sector within the employment structure has changed over time and which factors determine this transformation. The findings indicate the existence of a strong cointegration relationship among the variables, as the calculated F-statistic exceeds the critical values at conventional significance levels. Long-run coefficient estimates reveal that internet usage rate, economic growth, and the exchange rate have statistically significant and negative effects on the share of agricultural employment. These results suggest that, with the acceleration of digitalization and economic growth, labor shifts from the agricultural sector to the industrial and service sectors, thereby strengthening the process of structural transformation. Furthermore, the results of the Wald test show that the independent variables are jointly statistically significant, supporting the overall explanatory power of the model. In conclusion, the findings demonstrate that digitalization, economic growth, and exchange rate dynamics in the Turkish economy have a reducing effect on agricultural employment, and that this process is consistent with structural transformation. In this context, it is crucial for policymakers to prioritize vocational training and skills development programs that facilitate the integration of the workforce leaving the agricultural sector into the industrial and service sectors. Furthermore, the widespread adoption of digital technologies to increase productivity in agriculture should be supported, but social policies that offset the potential negative impacts of this transformation on employment should be implemented simultaneously. Additionally, rural development policies should be strengthened to increase non-agricultural employment opportunities and prevent the deepening of regional income inequalities. Finally, stable macroeconomic policies should be pursued to limit the impact of exchange rate fluctuations on the agricultural sector.

Keywords: Agricultural Employment, Digitalization, Economic Growth, A-ARDL

SÜRDÜRÜLEBİLİR KUANTUM ÇAĞI: GELECEĞİ HESAPLAMAK
SUSTAINABLE QUANTUM ERA: CALCULATING THE FUTURE

Doç.. Dr. Durgun DURAN[1]

Özet

Bu çalışma, kuantum bilgisayar teknolojilerinin temel mekaniklerini ve küresel gelişim stratejilerini sürdürülebilirlik paradigması ekseninde kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Klasik hesaplama mimarilerinin Landauer İlkesi doğrultusunda ulaştığı termodinamik ve fiziksel sınırlar, büyük ölçekli optimizasyon ve moleküler simülasyon problemlerinin çözümünde aşılması güç enerji darboğazları yaratmaktadır. Bu bağlamda, süperpozisyon ve kuantum dolanıklık ilkelerine dayanan kuantum sistemleri, üstel zaman karmaşıklığı gerektiren süreçleri polinomiyel zamanlara indirgeyerek işlem başına düşen enerji maliyetlerinde radikal bir avantaj sunmaktadır. Özellikle kuantum hata azaltma (*error mitigation*) protokollerinde çevresel gürültünün sistem entropisi ve iç enerji dalgalanmaları üzerindeki etkileri termodinamik çerçevede analiz edilerek, koreherenslik (*coherence*) ve hafıza süresinin (*memory time*) maksimize edilmesi hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında IBM, Google ve Microsoft gibi endüstri liderlerinin donanım yol haritaları; süperiletken ve topolojik kübit mimarilerinin karbon-negatif operasyon hedefleriyle entegrasyonu açısından değerlendirilmiştir. Buna ek olarak, Türkiye'nin TÜBİTAK BİLGEM ve ASELSAN öncülüğünde ivme kazanan ulusal kuantum ekosistemi incelenmiş; batarya teknolojileri ve yeşil katalizör simülasyonları üzerinden stratejik fırsat pencereleri vurgulanmıştır. Sonuç olarak, kuantum üstünlüğünün salt bir hız veya işlem gücü maksimizasyonu olmadığı; iklim krizinin hafifletilmesi ve yeşil malzeme biliminin geliştirilmesinde temel bir sürdürülebilirlik enstrümanı olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kuantum Hesaplama, Sürdürülebilirlik, Kuantum Hata Azaltma, Kuantum Termodinamiği, Teknoloji Yol Haritaları

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, durgun.duran@bozok.edu.tr

Abstract

This study comprehensively examines the fundamental mechanics and global development strategies of quantum computing technologies through the paradigm of sustainability. The thermodynamic and physical limits reached by classical computing architectures, in accordance with Landauer's Principle, create insurmountable energy bottlenecks in solving large-scale optimization and molecular simulation problems. In this context, quantum systems, which rely on the principles of superposition and entanglement, offer a radical advantage in energy cost per operation by reducing processes that require exponential time complexity to polynomial time. Specifically, within quantum error mitigation protocols, the impact of environmental noise on system entropy and internal energy fluctuations is analyzed within a thermodynamic framework, aiming to maximize coherence and memory time. Within the scope of the study, the hardware roadmaps of industry leaders such as IBM, Google, and Microsoft are evaluated in terms of the integration of superconducting and topological qubit architectures with carbon-negative operational goals. Furthermore, Turkey's national quantum ecosystem, gaining momentum under the leadership of TÜBİTAK BİLGEM and ASELSAN, is examined; strategic opportunity windows are highlighted through battery technologies and green catalyst simulations. In conclusion, it is demonstrated that quantum supremacy is not merely a maximization of speed or processing power, but a fundamental sustainability instrument in mitigating the climate crisis and advancing green material science.

Keywords: Quantum Computing, Sustainability, Quantum Error Mitigation, Quantum Thermodynamics, Technology Roadmaps.

3B BASKI (FFF) İLE ÜRETİLMİŞ AHŞAP KATKILI PLA KOMPOZİTLERDE DOLGU DESENİNİN DARBE PERFORMANSINA ETKİSİ

EFFECT OF INFILL PATTERN ON IMPACT PERFORMANCE OF WOOD-FILLED PLA COMPOSITES PRODUCED BY 3D PRINTING (FFF)

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KILIÇ[1]

Özet

3B baskı (Fused Filament Fabrication, FFF) yöntemi ile üretilen polimer kompozitlerde dolgu deseni (infill pattern), mekanik performansı belirleyen temel parametrelerden biridir. Özellikle darbe yükleri altında iç yapı geometrisinin enerji sönümleme kapasitesi üzerindeki etkisi, hafif ve dayanıklı yapı tasarımı açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, farklı dolgu desenlerinin darbe direnci, yoğunluk ve spesifik darbe direnci üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Numuneler, ticari olarak temin edilen %30 ahşap katkılı polilaktik asit (PLA WOOD, Porima, Türkiye) filament kullanılarak 0,4 mm nozul çapı, 0,2 mm katman kalınlığı, 230 °C nozul sıcaklığı ve 60 °C tabla sıcaklığı gibi sabit üretim parametreleri altında üretilmiştir. Tüm numuneler %30 dolgu oranında ve farklı dolgu desenleri (doğrusal, kafes, jiroid ve kübik) kullanılarak basılmıştır. Darbe testleri, ASTM D256 standardına uygun olarak 3,2 × 12,7 × 64 mm boyutlarında çentikli numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş ve yoğunluk ölçümleri ASTM D792-20 standardına uygun olarak 4 × 20 × 20 mm boyutlarındaki numuneler üzerinde suya daldırma yöntemi ile belirlenmiştir. Her iki deney için de beşer tekrar yapılmıştır. Ayrıca birim yoğunluk başına enerji sönümleme kapasitesini değerlendirmek amacıyla spesifik darbe direnci hesaplanmıştır. Varyans analizi (ANOVA) sonuçları, dolgu deseninin darbe direnci ($p=0,0016$), yoğunluk ($p<0,0001$) ve spesifik darbe direnci ($p=0,0027$) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgulara göre, kafes (grid) dolgu deseni en yüksek darbe direncini (3,96 kJ/m²) ve en yüksek yoğunluk değerini (0,714 g/cm³) sağlamıştır. Jiroid ve kübik yapılar orta seviyede performans gösterirken, doğrusal dolgu deseni en düşük darbe direncine sahiptir. Spesifik darbe direnci sonuçları da benzer eğilim göstermiştir. Bu çalışma kapsamında, yükün farklı yönlerde iletilmesini sağlayan kafes yapılar hem mutlak hem de spesifik darbe performansı açısından daha yüksek değerler göstermiştir. Bu durum, dolgu geometrisinin darbe performansı üzerindeki etkisinin kullanılan malzeme ve üretim parametrelerine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, darbe performansının dolgu geometrisinin oluşturduğu iç yapı karakteristiğine bağlı olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: 3B Baskı, FFF, Dolgu Deseni, Ahşap Katkılı PLA, Darbe Direnci, Yoğunluk

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, ibrahim.kilic@bozok.edu.tr

Abstract

In polymer composites produced by 3D printing (Fused Filament Fabrication, FFF), the infill pattern is one of the key parameters governing mechanical performance. Particularly under impact loading, the influence of internal structure geometry on energy absorption capacity is of critical importance for the design of lightweight and durable structures. In this study, the effects of different infill patterns on impact strength, density, and specific impact strength were experimentally investigated. Specimens were fabricated using commercially available wood-filled polylactic acid (PLA WOOD, Porima, Türkiye) filament containing 30% wood, with a 0.4 mm nozzle diameter, 0.2 mm layer height, 230 °C nozzle temperature, and 60 °C build plate temperature under constant processing conditions. All specimens were printed at a 30% infill density using different infill patterns (rectilinear, grid, gyroid, and cubic). Impact tests were conducted on notched specimens in accordance with ASTM D256 standard using dimensions of 3.2 × 12.7 × 64 mm, while density measurements were performed based on ASTM D792-20 standard using specimens with dimensions of 4 × 20 × 20 mm via the water immersion method. Five replicates were conducted for both tests. Additionally, specific impact strength was calculated to evaluate the energy absorption capacity per unit density. Analysis of variance (ANOVA) results indicated that the infill pattern had a statistically significant effect on impact strength ($p=0.0016$), density ($p<0.0001$), and specific impact strength ($p=0.0027$). According to the findings, the grid infill pattern provided the highest impact strength (3.96 kJ/m²) and the highest density value (0.714 g/cm³). Gyroid and cubic structures exhibited moderate performance, while the rectilinear pattern showed the lowest impact strength. The specific impact strength results demonstrated a similar trend. Within the scope of this study, grid structures, which enable load transfer in multiple directions, exhibited higher values in terms of both absolute and specific impact performance. This finding suggests that the effect of infill geometry on impact performance may vary depending on the material characteristics and processing parameters. As a result, it was determined that the impact performance is dependent on the internal structural characteristics formed by the infill geometry.

Keywords: 3D Printing, FFF, Infill Pattern, Wood-Filled PLA, Impact Strength, Density

DENETİMDE YAPAY ZEKÂ VE SÜREKLİ DENETİM: RİSK ANALİZİNDE YENİ BİR DÖNEM

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AUDITING AND CONTINUOUS AUDITING: A NEW ERA IN RISK ANALYSIS

Öğr. Gör. Oğuzhan DANIŞ[1]
Dr. Öğr. Üyesi Nurettin ÖZDEMİR[2]
Öğr. Gör. Ahmet ÜNLÜ[3]

Özet

Endüstri 4.0 sanayi devrimiyle başlayan dijital dönüşüm, fiziksel belgelerde yer alan verilerin sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılması ve bu teknolojilerin yeteneklerinden yararlanma sürecini ifade etmektedir. Dijital dönüşümle birlikte büyük veri, yapay zekâ, makine öğrenmesi, veri analitiği, nesnelerin interneti ve bulut bilişim gibi yeni nesil teknolojilerin kullanımı önemli hale gelmiştir. Bu sürece uyum sağlamak isteyen işletmeler, örgütsel yapılarında ve karar alma mekanizmalarında sayılan teknolojileri yoğun bir şekilde kullanmaya başlamışlardır. Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan Denetim 4.0 uygulamaları muhasebe ve denetim faaliyetlerini önemli düzeyde etkilemiştir.

Literatürde muhasebe ve denetim meslekleri teknolojiye en hızlı uyum sağlayan alanlar arasında bulunduğu ve bu mesleklerin yapay zekâ teknolojileri ile desteklenebileceği yönünde bulgular bulunmaktadır. Denetim mesleğinde yaşanan dijital dönüşümle birlikte denetim geçmişe dönük kontrol mekanizması olmaktan çıkarak gerçek zamanlı ve sürekli bir yapıya kavuşmuştur.

Geleneksel denetim, genellikle işlemler gerçekleştikten aylar sonra ve örneklem yöntemiyle yapıldığı için hata ve hilelerin çok geç fark edilmesine neden olmaktadır. Bu soruna çözüm üretmek ve daha verimli bir denetim yapmak amacıyla yapay zekâ destekli sistemlerin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Makine öğrenmesi, büyük veri analizi ve yapay zekâ gibi teknolojiler denetim süreçlerinde kullanılarak tüm verilerin sürekli ve anlık analiz edilmesi, hata ve hilelerin erken tespit edilmesine imkân sağlamaktadır. Bu süreç, işletmelerin iç denetim ve bağımsız denetim faaliyetleriyle birlikte kamu otoritesi tarafından gerçekleştirilen vergi denetimleri üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır.

İç denetim faaliyetlerinde yapay zekâ destekli sistemler kullanılmasıyla birlikte iç kontrol sisteminin sürekli izlenmesi, hata ve hilelerin anlık olarak tespit edilmesi mümkün olmaktadır. Sürekli denetim anlayışıyla birlikte geçmişteki hata ve hilelerin tespit edilmesinin yanı sıra potansiyel hata ve hilelerle ilgili önlemler alınabilmektedir. Bu süreçte, işletme içi büyük verilerin analizi ve anomali tespiti ile potansiyel hata ve hileler erken aşamada belirlenebilmektedir.

Bağımsız denetim açısından değerlendirildiğinde ise yapay zekâ destekli sistemler, finansal tabloların ve bu tabloların temelini oluşturan muhasebe kayıtlarının daha hızlı ve kapsamlı biçimde analiz edilmesine imkân vermektedir. Bu gelişmeyle birlikte örnekleme dayalı denetim faaliyetleri yerini finansal tabloları oluşturan tüm işlemlerin incelenmesine bırakırken makul güvence sunan denetim süreci de tam güvenceye dönüşmektedir. Ayrıca yapay zekâ temelli veri analitiği ve makine öğrenmesi gibi teknolojiler de riskli hesap kalemlerinin belirlenmesi, olağan dışı işlemlerin tespit edilmesi, sahte belge kullanımının belirlenmesi ve süreklilik risklerinin değerlendirilmesi gibi alanlarda önemli katkılar sunmaktadır. Denetim 4.0 ile birlikte bağımsız denetimde kalite artarken denetim süresi ve maliyeti de azalmaktadır.

Kamu otoriteleri tarafından gerçekleştirilen vergi denetiminde, dijital muhasebe uygulamalarıyla birlikte büyük veri analizi önem kazanmıştır. E-beyanname, e-fatura, e-defter gibi dijital uygulamalarla elde edilen verilerin yapay zekâ destekli risk analiz merkezlerinde değerlendirilmesiyle sahte belge kullanımı ve kayıt dışı işlemlerinin

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, oguzhan.danis@bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, nurettin.ozdemir@bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, ahmet.unlu@bozok.edu.tr

tespit edilmesi ve riskli mükelleflerin belirlenmesin mümkün hale gelmiştir. Ayrıca vergi denetimi, geçmişe dönük belge ve beyanname denetiminden çıkarak gerçek zamanlı ve risk odaklı bir yapıya dönüşmüştür.

Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen Denetim 4.0 uygulamalarının muhasebe ve denetim süreçleri üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymaktır. Araştırmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş olup literatür taraması ve doküman analizi tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenerek dijital dönüşümün denetim süreçlerine yansımaları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, yapay zekâ, büyük veri analitiği ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerin denetim süreçlerini daha hızlı, kapsamlı ve etkin hale getirdiğini, hata ve hilelerin erken tespitine imkân sağladığını ve denetimde sürekli izleme yaklaşımını güçlendirdiğini göstermektedir. Ayrıca bu dönüşüm süreci ile birlikte denetim faaliyetlerinin hem daha düşük maliyetlerle hem de daha güvenli ve kaliteli bir şekilde yapılmasına imkân sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Risk Odaklı Denetim, Yapay Zekâ, Denetim 4.0

Abstract

The digital transformation initiated by the Industry 4.0 industrial revolution refers to the process of digitizing data from physical documents and transferring it to a computer environment, as well as leveraging the capabilities of these technologies. With digital transformation, the use of next-generation technologies such as big data, artificial intelligence, machine learning, data analytics, the Internet of Things, and cloud computing has become essential. Businesses seeking to adapt to this process have begun to intensively utilize these technologies within their organizational structures and decision-making mechanisms. Audit 4.0 applications, which emerged alongside Industry 4.0, have significantly impacted accounting and auditing activities.

Research indicates that the accounting and auditing professions are among the fields that adapt most rapidly to technology, and that these professions can be supported by artificial intelligence technologies. With the digital transformation in the auditing profession, auditing has evolved from a retrospective control mechanism into a real-time and continuous process.

Traditional auditing, which is typically conducted months after transactions occur and relies on sampling methods, often results in errors and fraud being detected much too late. To address this issue and conduct more efficient audits, the use of AI-supported systems is of great importance. By utilizing technologies such as machine learning, big data analysis, and artificial intelligence in audit processes, all data can be continuously and instantly analyzed, enabling the early detection of errors and fraud. This process has significant implications for both internal and independent audit activities within organizations, as well as tax audits conducted by public authorities.

In internal audit activities, the use of AI-powered systems enables the continuous monitoring of internal control systems and the real-time detection of errors and fraud. Along with the concept of continuous auditing, this approach not only identifies past errors and fraud but also allows for the implementation of preventive measures against potential errors and fraud. In this process, the analysis of internal big data and anomaly detection enables the early identification of potential errors and fraud.

From the perspective of independent auditing, AI-supported systems enable the faster and more comprehensive analysis of financial statements and the accounting records that form their basis. With this development, audit activities based on sampling are being replaced by the examination of all transactions comprising the financial statements, while the audit process, which previously provided reasonable assurance, is evolving into one that provides full assurance. Furthermore, technologies such as AI-based data analytics and machine learning provide significant contributions in areas such as identifying high-risk account items, detecting unusual transactions, identifying the use of fraudulent documents, and assessing continuity risks. With Audit 4.0, audit quality improves while audit duration and costs decrease.

In tax audits conducted by public authorities, big data analysis has gained importance alongside digital accounting applications. By evaluating data obtained from digital applications such as e-declarations, e-invoices, and e-ledgers in AI-supported risk analysis centers, it has become possible to detect the use of fraudulent documents and unrecorded transactions, as well as identify high-risk taxpayers. Additionally, tax auditing has shifted from retrospective document and declaration reviews to a real-time, risk-focused structure.

The purpose of this study is to comprehensively examine the effects of Audit 4.0 applications, which have evolved alongside Industry 4.0, on accounting and auditing processes. A qualitative research method was adopted in the study, utilizing literature review and document analysis techniques. Within this scope, national and international studies were examined to assess the implications of digital transformation on auditing processes. The findings indicate that technologies such as artificial intelligence, big data analytics, and machine learning have made audit processes faster, more comprehensive, and more effective; enabled the early detection of errors and fraud; and strengthened the continuous monitoring approach in auditing. Furthermore, this transformation process has made it possible to conduct audit activities at lower costs while ensuring greater security and quality.

Keywords: Risk-Based Auditing, Artificial Intelligence, Audit 4.0

YAPAY ZEKÂ TABANLI YAKLAŞIMLARIN PARÇACIK FİZİĞİ ANALİZLERİNDEKİ ROLÜ: HADRON KÜTLE VE GENİŞLİK TAHMİNİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED APPROACHES IN PARTICLE PHYSICS ANALYSES: A CASE STUDY ON HADRON MASS AND WIDTH PREDICTION

Dr. Öğr. Üyesi Metin YALVAÇ[1]

Özet

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleri son yıllarda temel bilimler, mühendislik, sağlık ve sanayi gibi nerdeyse tüm çalışma alanlarında etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler özellikle karmaşık, çok değişkenli ve doğrusal olmayan ilişkilere sahip veri yapılarında geleneksel araştırma yöntemlerinin zor ve hantal yöntemlerinin yerini alacak güçlü araçlar sağlamaktadır. Teorik ya da deneysel parçacık fiziği araştırmaları da kullandığı yüksek boyutlu veri yapısıyla da çok sayıda ve birbiri ile ilişkili kuantum sayıları gibi fiziksel parametrelerden ötürü yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemlerinin uygulanması için oldukça uygun araştırma alanlarından birisidir. Bu yöntemler, sadece bir hesaplama aracı olarak değil; aynı zamanda fiziksel örüntülerin ortaya çıkarılması, değişken katkılarının kıyaslanması veya analiz süreçlerinin hızlandırılması açısından da önemli bir araç haline gelmiştir. Bu çalışmada, yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemlerinin parçacık fiziği analizlerine sağladığı katkı, hadronların kütle ve genişlik değerlerinin tahmin edilmesi örneği üzerinden tartışılmaktadır. Hadronların kuark içeriği, elektrik yükü, izospinleri, pariteleri gibi kuantum sayılarını içeren veri kümesi kullanılarak hadronların kütle ve genişlikleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Veri kümesinin keşifsel veri analizi ile sentetik veri üretimine temel oluşturabilecek istatistiksel özellikler değerlendirilerek ML yöntemlerinin uygulanmasında yeterli istatistiği sağlayacak ve değişkenler arası ilişkileri koruyan bir sentetik veri üretimi gerçekleştirilmiştir. Sentetik veri ile genişletilen özgün veriye, XGBoost tabanlı regresyon yaklaşımı uygulanmıştır. Analizde kütle ve genişlik değişkenleri için veri setinde kullanılan fiziksel parametrelerin bu iki değişken üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, uygulanan ML yöntemlerinin hadron özelliklerinin modellenmesinde işlevsel rolünün gözlemlenmesinin yanı sıra kuark içeriği ve kuantum sayıları gibi fiziksel parametrelerin ayırt edici özellikler için tahmin gücü taşıyan nicelikler olarak da ele alınabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda veri odaklı analiz yaklaşımı sayesinde bu parametrelerin hadron kütlesi ve genişliği üzerinde ne kadar belirleyici olduğuna ilişkin yorum yapılabildiğinden bu çalışma, yapay zekâ destekli yöntemlerin parçacık fiziğinde yalnızca teknik bir yardımcı araç olmadığını, aynı zamanda analiz tasarımı, veri yorumlama ve model geliştirme süreçlerine bütüncül katkı sağlayabildiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, makine öğrenmesi yöntemlerinin temel bilim araştırmalarındaki kullanım potansiyelini parçacık fiziği örneği üzerinden görünür kılmakta ve hadron spektroskopisi gibi çok değişkenli problemlerde veri temelli yaklaşımların önemini vurgulamaktadır. Aynı zamanda yapay zekâ ve dijital dönüşüm eksenindeki çağdaş yöntemlerin fizik araştırmalarına entegrasyonuna somut bir örnek sunarak disiplinler arası bilimsel üretime katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenmesi, yapay zekâ, parçacık fiziği, hadronlar, XGBoost, kütle tahmini, genişlik tahmini

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, metin.yalvac@bozok.edu.tr

Abstract

In recent years, artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) techniques have been increasingly employed across nearly all fields of study, including the basic sciences, engineering, healthcare, and industry. These methods provide powerful alternatives to conventional research approaches, particularly in the analysis of complex, multivariate, and nonlinear data structures. Owing to the high-dimensional nature of their datasets and the large number of interrelated physical parameters involved, such as quantum numbers, both theoretical and experimental particle physics constitute highly suitable domains for the application of AI and ML techniques. These methods have become significant not only as computational tools, but also as effective means for uncovering physical patterns, comparing the contributions of different variables, and accelerating analytical processes. In this study, the contribution of artificial intelligence and machine learning methods to particle physics analyses is discussed through the prediction of hadron mass and decay width. Using a dataset containing quantum numbers such as quark content, electric charge, isospin, and parity, the mass and width values of hadrons were estimated. Through exploratory data analysis, the statistical properties of the dataset that could form the basis for synthetic data generation were evaluated, and a synthetic data generation procedure was implemented to preserve inter-variable relationships while providing sufficient statistics for the application of ML methods. An XGBoost-based regression approach was then applied to the original dataset augmented with synthetic data. Within the analysis, the effects of the physical parameters included in the dataset on the mass and width variables were evaluated comparatively. The results demonstrate not only the functional role of the applied ML methods in modeling hadron properties, but also that physical parameters such as quark content and quantum numbers can be regarded as quantities with predictive power for distinctive hadronic characteristics. Furthermore, since the data-driven analytical framework allows for interpretation of the extent to which these parameters determine hadron mass and width, the study reveals that AI-assisted methods in particle physics are not merely technical auxiliary tools, but can also make comprehensive contributions to analysis design, data interpretation, and model development processes. In conclusion, this study highlights the potential of machine learning methods in basic science research through the example of particle physics and emphasizes the importance of data-driven approaches in multivariate problems such as hadron spectroscopy. It also provides a concrete example of the integration of contemporary methods shaped by artificial intelligence and digital transformation into physics research, thereby contributing to interdisciplinary scientific production.

Keywords: Artificial intelligence, machine learning, particle physics, hadrons, XGBoost, mass prediction, width prediction

ENDÜSTRİYEL DÖNÜŞÜMDEN DİJİTAL DÖNÜŞÜME: İKİLİ GEÇİŞ ÇERÇEVESİNDE DICKENS VE GASKELL'DA ÇEVRESEL VE SOSYAL YANSIMALAR

FROM INDUSTRIAL TO DIGITAL TRANSFORMATION: ENVIRONMENTAL AND SOCIAL REFLECTIONS IN DICKENS AND GASKELL WITHIN THE FRAMEWORK OF TWIN TRANSITION

Gülten AKGÜL[1]
İsmail BACAKSIZ[2]
Özcan ÇELİK[3]
Yusuf ÖZKURT[4]

Özet

Sürdürülebilirlik ve dijital dönüşümü bir araya getiren "ikiz geçiş" kavramı, çağdaş küresel zorlukları anlamak için merkezi bir çerçeve haline gelmiştir. Bu çalışma, Sanayi Devrimi'ni günümüzün dijital dönüşümünün tarihsel bir öncüsü olarak konumlandırmakta ve erken sanayileşmenin çevresel ve sosyal dinamikleri Charles Dickens ve Elizabeth Gaskell'ıın edebi eserleri aracılığıyla nasıl şekillendirdiğini incelemektedir. *Zor Zamanlar*, *Oliver Twist* ve *Kuzey ve Güney* gibi romanları analiz ederek, çalışma, edebiyatın teknolojik ilerleme, çevresel bozulma ve sosyal eşitsizlik arasındaki karmaşık etkileşimi nasıl yansıttığını araştırmaktadır. Çalışmanın gerekçesi, endüstriyel dönüşümün tarihsel deneyimlerini sürdürülebilirlik ve dijitalleşme hakkındaki güncel tartışmalarla ilişkilendirme ihtiyacına dayanmaktadır. Sanayi Devrimi makineleşme ve seri üretimi getirirken, aynı zamanda ciddi çevre kirliliğine, kentsel aşırı kalabalığa ve emek sömürüsüne de yol açmıştır. Benzer şekilde, yapay zekâ ve veri tabanlı sistemler tarafından yönlendirilen günümüzün dijital dönüşümü, etik sorumluluk, sosyal eşitlik ve çevresel sürdürülebilirlik konularında paralel endişeler ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma, endüstriyel geçmişin edebi temsillerinin, günümüzün "ikiz geçişinin" zorluklarına ilişkin kritik içgörüler sağlayabileceğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Metodolojik olarak, araştırma ekokritik ve Yeni Tarihçiliği birleştiren nitel ve disiplinlerarası bir yaklaşım benimsemektedir. Dickens ve Gaskell'ın eserlerinden seçilen bölümler, çevresel hasar, sınıf çatışması ve insan yabancılaşmasıyla ilgili tekrar eden temaları belirlemek için analiz edilmiştir. Dickens'ın *Zor Zamanlar* ve *Oliver Twist*'i ile Gaskell'ın *Kuzey ve Güney'inin* analizi üç temel temayı ortaya koymaktadır: çevresel bozulma, sosyal eşitsizlik ve emeğin insanlıktan uzaklaştırılması. Birincisi, çevresel hasar, Dickens'ın *Zor Zamanlar*'daki Coketown tasvirinde açıkça yansıtılmaktadır; burada "duman yılanları" ve kirlenmiş nehirler, sanayileşmenin yıkıcı etkilerini sembolize etmektedir. Bu imgeler, dijital teknolojilerin çevresel maliyetleriyle ilgili çağdaş endişelerle paralellik göstermektedir. İkincisi, sosyal eşitsizlik, *Oliver Twist*'teki iş evlerinin sert koşulları ve *Kuzey ve Güney*'deki sınıf çatışması aracılığıyla vurgulanmaktadır. Gaskell'ın grevler ve işçi-işveren gerilimleri tasviri, günümüzün dijital uçurumuna bağlanabilecek ekonomik eşitsizlikleri vurgulamaktadır. Son olarak, her iki yazar da emeğin insanlıktan uzaklaştırılmasını göstermektedir. *Zor Zamanlar*'da işçiler "eller"e indirgenir; bu da insanlığa değil verimliliğe değer veren bir sistemi yansıtır. Bu, dijital çağdaki otomasyon ve algoritma odaklı emek sistemleri gibi güncel sorunlarla örtüşmektedir. Genel olarak, bu bulgular, Sanayi Devrimi'nin edebi temsillerinin, günümüzün ikili geçişinin etik, sosyal ve çevresel zorluklarını anlamak için anlamlı bir çerçeve sağladığını göstermektedir. Bu bulgular daha sonra hem Viktorya dönemi İngiltere'sinin tarihsel bağlamı hem de çağdaş dijital dönüşümün kavramsal çerçevesi içinde yorumlanmaktadır. Bulgular, Dickens ve Gaskell'ın sanayileşmeyi hem doğayı hem de toplumu yeniden şekillendiren dönüştürücü ancak sorunlu bir süreç olarak tasvir ettiğini göstermektedir. Eserleri, çevresel bozulmayı, endüstriyel emeğin insanlık dışı etkilerini ve artan sosyal eşitsizlikleri vurgulamaktadır. Önemli olarak, bu edebi temsiller, otomasyon, gözetim ve sosyal ilişkilerin aşınması gibi dijital teknolojilerin insan yaşamı üzerindeki etkisine ilişkin güncel endişelerle örtüşmektedir. Bu anlamda, Sanayi Devrimi sadece tarihsel bir olgu olarak değil, aynı zamanda dijital dönüşümün sonuçlarının eleştirel bir şekilde incelenebileceği bir mercek olarak da ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, çalışma Viktorya dönemi edebiyatının sürdürülebilirlik ve teknolojik değişimin birbirine bağlı doğasını

[1] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, gulakgul5@gmail.com
[2] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
[3] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
[4] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı

anlamak için değerli bakış açıları sağladığını göstermektedir. Endüstriyel ve dijital dönüşümler arasında bir paralellik kurarak, bu ikili geçişin daha geniş söylemine katkıda bulunmaktadır. Gelecekteki araştırmaların, sürdürülebilirlik ve dijitalleşmenin disiplinlerarası çalışmalarında edebiyatın rolünü ve eğitim bağlamlarında eleştirel farkındalığı geliştirme potansiyelini daha ayrıntılı olarak incelemesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, İkili geçiş, Sanayi Devrimi, Sürdürülebilirlik, Viktorya dönemi edebiyatı

Abstract

The concept of "twin transition," which brings together sustainability and digital transformation, has become a central framework for understanding contemporary global challenges. This study situates the Industrial Revolution as a historical precursor to today's digital transformation and examines how early industrialization shaped environmental and social dynamics through the literary works of Charles Dickens and Elizabeth Gaskell. By analyzing the novels such as *Hard Times*, *Oliver Twist*, and *North and South*, the study explores how literature reflects the complex interplay between technological progress, environmental degradation, and social inequality. The rationale of the study is grounded in the need to connect historical experiences of industrial transformation with current debates on sustainability and digitalization. While the Industrial Revolution introduced mechanization and mass production, it also led to severe environmental pollution, urban overcrowding, and labor exploitation. Similarly, today's digital transformation, driven by artificial intelligence and data-based systems, raises parallel concerns regarding ethical responsibility, social equity, and environmental sustainability. Therefore, this study aims to reveal how literary representations of the industrial past can provide critical insights into the challenges of the present "twin transition." Methodologically, the research adopts a qualitative and interdisciplinary approach, combining ecocriticism and New Historicism. Selected passages from Dickens's and Gaskell's works are analyzed to identify recurring themes related to environmental damage, class conflict, and human alienation. The analysis of Dickens' *Hard Times* and *Oliver Twist* and Gaskell's *North and South* reveals three key themes: environmental degradation, social inequality, and the dehumanization of labor. Firstly, environmental damage is clearly reflected in Dickens' depiction of Coketown in *Hard Times*, where "the serpents of smoke" and polluted rivers symbolize the destructive effects of industrialization. This imagery parallels contemporary concerns about the environmental costs of digital technologies. Secondly, social inequality is emphasized through the harsh conditions of workhouses in *Oliver Twist* and the class conflict in *North and South*. Gaskell's portrayal of strikes and worker–employer tensions highlights economic disparities, which can be linked to today's digital divide. Finally, both authors illustrate the dehumanization of labor. In *Hard Times*, workers are reduced to "hands," reflecting a system that values productivity over humanity. This resonates with current issues such as automation and algorithm-driven labor systems in the digital age. Overall, these findings demonstrate that literary representations of the Industrial Revolution provide a meaningful framework for understanding the ethical, social, and environmental challenges of today's twin transition. These findings are then interpreted within both the historical context of Victorian England and the conceptual framework of contemporary digital transformation. The findings indicate that Dickens and Gaskell portray industrialization as a transformative yet problematic process that reshapes both nature and society. Their works highlight environmental degradation, the dehumanizing effects of industrial labor, and widening social inequalities. Importantly, these literary representations resonate with current concerns about the impact of digital technologies on human life, including issues of automation, surveillance, and the erosion of social relations. In this sense, the Industrial Revolution emerges not only as a historical phenomenon but also as a lens through which the implications of digital transformation can be critically examined. In conclusion, the study demonstrates that Victorian literature provides valuable perspectives for understanding the interconnected nature of sustainability and technological change. By establishing a parallel between industrial and digital transformations, it contributes to the broader discourse of the twin transition. It is recommended that future research further explore the role of literature in interdisciplinary studies of sustainability and digitalization, as well as its potential in fostering critical awareness in educational contexts.

Keywords: Digital transformation, Twin transition, The Industrial Revolution, Sustainability, Victorian literature

FRANKENSTEIN'DAN YAPAY ZEKÂYA: ALGORİTMALAR ÇAĞINDA İNSAN EYLEMİNİ YENİDEN HAYAL ETMEK

FROM FRANKENSTEIN TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE: REIMAGINING HUMAN AGENCY IN THE AGE OF ALGORITHMS

Gülten AKGÜL[1]
Emre YONAR[2]
İsmail GÜVEN[3]
Can Görkem KARAYEL[4]
Ersan AKARSU[5]

Özet

Yapay zekânın hızlı ilerlemesi, insan eylemliliği, kontrol ve etik sorumluluk hakkındaki temel soruları ön plana çıkardı. Bununla birlikte, bu endişeler tamamen yeni değildir ve yapay yaşam yaratmanın sonuçlarını araştıran Mary Shelley'nin *Frankenstein*'ı gibi erken dönem edebi eserlere kadar izlenebilir. Bu tür edebi temsilleri incelemek, yapay zekâ ve teknolojik etik etrafındaki çağdaş tartışmaları daha derinlemesine anlamayı sağlar. Bu çalışma, *Frankenstein*'ın özellikle sorumluluk, özerklik ve kontrol ile ilgili olarak yapay zekâ hakkındaki güncel tartışmaları nasıl öngördüğünü analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bunu başarmak için, romandaki kilit bölümlere odaklanan ve bunları modern yapay zekâ söylemi merceğinden yorumlayan nitel bir metin çözümlemesi yürütülmektedir. Çözümleme, Victor Frankenstein'ın yaratımı ile çağdaş yapay zekâ sistemleri arasında güçlü paralellikler ortaya koymaktadır. Victor'un yaratımından hemen sonra yaratığı reddetmesi, yapay zekâ gelişiminde hesap verebilirliğin yokluğuna ilişkin modern endişeleri yansıtan bir sorumluluk eksikliğini göstermektedir. Eylemlerinin sonuçlarını öngörememesi, yeterli etik güvenceler olmadan otonom sistemlerin konuşlandırılmasıyla ilişkili riskleri yansıtmaktadır. Yaratığın "Kötü niyetliyim çünkü mutsuzum" ifadesi, dış koşulların davranışı nasıl şekillendirdiğini vurgulamaktadır; bu durum, önyargılı verilerle eğitilmiş yapay zekâ sistemleriyle karşılaştırılabilir. Yaratık doğası gereği kötü olmasa da ihmal ve dışlanma nedeniyle tehlikeli hale geldiği gibi, yapay zekâ sistemleri de onları şekillendiren verilere ve yapılara bağlı olarak zararlı sonuçlar üretebilir. Dahası, Victor'un yaratığı kontrol edememesi, kendi kendine öğrenen algoritmalar üzerindeki kontrolün kaybedilmesi ile ilgili çağdaş korkuları yansıtmaktadır. Yaratığın neden olduğu yıkım, etik hususlar göz ardı edildiğinde teknolojik yeniliğin istenmeyen sonuçlarını sembolize etmektedir. Bu bulgular, *Frankenstein*'ın önyargı, hesap verebilirlik ve insan kontrolünün teknoloji üzerindeki sınırları gibi temel konuları öngördüğünü göstermektedir. Çalışma, edebi bakış açılarının yapay zekâ etiğini anlamada son derece önemli olduğunu ve bu tür içgörülerin yapay zekâ üzerine disiplinlerarası tartışmalara entegre edilmesini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Etik, Frankenstein, Sorumluluk, Teknoloji, Yapay Zekâ

,

[1] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, gulakgul5@gmail.com
[2] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
[3] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
[4] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
[5] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence has brought fundamental questions about human agency, control, and ethical responsibility to the forefront. These concerns, however, are not entirely new and can be traced back to early literary works such as Mary Shelley's *Frankenstein*, which explores the consequences of creating artificial life. Examining such literary representations provides a deeper understanding of contemporary debates surrounding artificial intelligence and technological ethics. This study aims to analyze how *Frankenstein* anticipates current discussions on AI, particularly in relation to responsibility, autonomy, and control. To achieve this, a qualitative textual analysis is conducted, focusing on key passages in the novel and interpreting them through the lens of modern AI discourse. The analysis reveals strong parallels between Victor Frankenstein's creation and contemporary AI systems. Victor's immediate rejection of the creature after its creation demonstrates a lack of responsibility, reflecting modern concerns about the absence of accountability in AI development. His failure to anticipate the consequences of his actions mirrors the risks associated with deploying autonomous systems without sufficient ethical safeguards. The creature's statement, "I am malicious because I am miserable," highlights how external conditions shape behavior, which can be compared to AI systems trained on biased data. Just as the creature is not inherently evil but becomes dangerous due to neglect and exclusion, AI systems may produce harmful outcomes depending on the data and structures that shape them. Furthermore, Victor's inability to control the creature parallels contemporary fears of losing control over self-learning algorithms. The destruction caused by the creature symbolizes the unintended consequences of technological innovation when ethical considerations are ignored. These findings demonstrate that *Frankenstein* anticipates key issues such as bias, accountability, and the limits of human control over technology. The study concludes that literary perspectives remain highly relevant in understanding AI ethics and recommends integrating such insights into interdisciplinary discussions on artificial intelligence.

Keywords: Ethics, Frankenstein, Responsibility, Technology, Artificial Intelligence

METİNDEN 3D MODEL ÜRETEN (TEXT-TO-3D) YAPAY ZEKÂ ARAÇLARININ MİMARLIK ALANINDAKİ KULLANIMI

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS THAT GENERATE 3D MODELS FROM TEXT (TEXT-TO-3D) IN ARCHITECTURE

İlayda ŞAHİNER[1]
Dr. Öğr. Üyesi Sadakat Safiyye MUMCUOĞLU TÜRKER[2]

Özet

Yapay zekâ destekli metinden üç boyutlu model üretim teknolojileri (Text-to-3D), son yıllarda mimarlık alanında kavramsal tasarım, hızlı modelleme, dijital görselleştirme ve tasarım alternatifleri geliştirme süreçlerinde dikkat çeken araçlar hâline gelmiştir. Doğal dil ile tanımlanan bir yapının kısa sürede üç boyutlu modele dönüştürülebilmesi, özellikle erken tasarım aşamalarında zaman kazandırmakta ve tasarımcıya çok sayıda alternatif üretme imkânı sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, farklı Text-to-3D yapay zekâ araçlarının aynı mimari tanımlama metnine ne ölçüde doğru ve tutarlı biçimde yanıt verdiğini inceleyerek mimarlık alanındaki kullanım potansiyellerini değerlendirmektir.

Çalışma kapsamında, geleneksel Osmanlı tarzında, kubbesiz, kırma çatılı, dikdörtgen planlı, kesme taş duvarlı ve tek şerefeli minareye sahip küçük ölçekli bir camiyi ayrıntılı biçimde tanımlayan tek bir metin istemi (prompt) hazırlanmıştır. Aynı istem farklı Text-to-3D araçlarına girilmiş ve elde edilen modeller; plan şeması, çatı tipi, minare konumu ve biçimi, pencere düzeni, malzeme dokusu, cephe oranları ve genel mimari tutarlılık açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, yapay zekâ araçlarının mimari tanımlamaları yorumlama biçimlerinde önemli farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Bazı araçlarda kubbesiz cami talep edilmesine rağmen modele kubbe eklendiği, bazı modellerde ise minarenin yapıya bitişik olması gerekirken bağımsız olarak konumlandırıldığı görülmüştür. Minarelerin çoğunda tek şerefeli ve klasik Osmanlı minare formuna yakın çözümler üretilmiştir. Ancak dikdörtgen plan talebine karşın bazı araçların yapıyı kare veya kareye yakın planlı modellediği, dört yöne eğimli kırma çatı yerine bazı modellerde beşik çatı kullanıldığı tespit edilmiştir. Pencere sayılarında çoğu araç tam uyum sağlayamamış, buna karşın kemerli ve iki katlı pencere karakteri genel olarak doğru yorumlanmıştır. Bazı örneklerde gotik tarzda pencere doğramaları veya promptta bulunmayan kemerli kapı, son cemaat yeri gibi ek unsurlar oluşturulmuştur.

Malzeme açısından çoğu araç kesme taş duvar dokusunu başarılı biçimde yansıtmış, bazı modellerde ise taş yüzeyler oldukça detaylı ve fotogerçekçi üretilmiştir. Sonuç olarak Text-to-3D araçları mimarlıkta hızlı kavramsal model üretimi açısından önemli potansiyele sahip olmakla birlikte, özgün mimari tipoloji, plan şeması ve yapısal detayların doğru yorumlanması konusunda hâlen kullanıcı denetimi ve uzman müdahalesine ihtiyaç duymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Text-to-3D, Mimarlık, 3D Modelleme, Dijital Mimarlık

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16004121003@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, ss.mumcuoglu@yobu.edu.tr

Abstract

Artificial intelligence-supported text-to-3D model generation technologies have become noteworthy tools in the field of architecture in recent years, contributing to the growth of conceptual design, rapid distribution, digital visualization, and the development of design alternatives. The ability to quickly convert a free loop of natural language into a three-dimensional model offers numerous opportunities, especially in early design stages, preventing time constraints and providing designers with the possibility of generating many alternatives. This study examines how accurately and comprehensively different Text-to-3D AI tools respond to the same architectural design content, thereby rewarding their potential for use in architecture.

Within the scope of this study, a single text request (request) was prepared detailing a small, dome-less, hipped-roofed, rectangular-plan mosque with cut-stone walls and a single minaret, in the traditional Ottoman style. The same request was entered into different Text-to-3D tools, and the resulting models were comparatively evaluated in terms of plan layout, roof type, minaret location and shape, window arrangement, material structure, facade proportions, and overall architectural unity.

The findings show significant differences in how the AI tools interpret architectural descriptions. In some devices, a dome was added to the model despite a request for a mosque without a dome, while in others, the minaret was positioned independently when it should have been. Solutions were produced for minarets that were chronological, single-balcony, and close to the classic Ottoman minaret formula. However, despite the request for an official plan, some structures were modeled as square or nearly square, and some models featured a gable roof instead of a four-sided pitched roof. Most tools did not fully match the number of windows, but the arched and two-story window character was generally interpreted correctly. In some examples, Gothic systems were used for window frames or additional elements such as arched doors and a prayer hall that were not requested.

The material content successfully reflects the texture of cut stone walls in most vehicles, and in some models, the stone surfaces are designed with considerable detail and photorealism. As a result, while Text-to-3D vehicle architecture has significant potential for rapid and comprehensive model production, it still requires user supervision and expert intervention for accurate interpretation of original architectural typologies, plan updates, and structural details.

Keywords: Artificial Intelligence, Text-to-3D, Architecture, 3D Modeling, Digital Architecture

DİJİTALLEŞMENİN BİREY ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİLERİNİN ÇOK BOYUTLU BİR İNCELEMESİ: BAĞIMLILIK, DIŞLANMA VE YABANCILAŞMA

A MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF THE NEGATIVE EFFECTS OF DIGITALIZATION ON THE INDİVİDUAL: ADDICTION, SOCIAL EXCLUSION, AND ALIENATION

Öğr. Gör. Sibel DUYGULU[1]
Öğr. Gör. Mert SOĞUKOLUK[2]
Öğr. Gör. Yeliz BULUT[3]

Özet

Dijitalleşme, bireysel ve toplumsal yaşamın hemen her alanını köklü bir biçimde dönüştüren önemli bir süreçtir. Eğitimden sağlığa, iletişimden üretime, eğlenceden ticarete kadar pek çok alanda dijital teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması; bireylerin gündelik yaşam pratiklerini yeniden şekillendirmekte bu teknolojiler zamandan ve mekândan bağımsız hizmetlere erişim, bilgiye hızlı ulaşım gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu avantajların yanı sıra dijitalleşmenin birey üzerinde çeşitli olumsuz etkiler de yarattığı görülmektedir. Nitekim dijitalleşmenin birey üzerindeki olumsuz etkileri, son yıllarda sosyal bilimlerin farklı disiplinlerinde artan bir ilgiyle ele alınmaktadır. Bu kapsamda dijital bağımlılık, siber zorbalık, tükenmişlik, dışlanma, FOMO (Gelişmeleri Kaçırma Korkusu-Fırsatı Kaçırma Korkusu), teknostres ve yabancılaşma gibi olgular öne çıkmaktadır. Ancak mevcut literatür incelendiğinde, bu olumsuz etkilerin çoğunlukla birbirinden bağımsız biçimde ele alındığı ve aralarındaki ilişkisel bağlantıların yeterince derinlemesine incelenmediği dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, dijitalleşmenin birey üzerindeki olumsuz etkileri, bağımlılık, dışlanma ve yabancılaşma kavramları ekseninde incelenmektedir. Çalışmanın temel amacı, söz konusu etkileri çok boyutlu bir perspektifle inceleyerek bu kavramlar arasındaki ilişkisel bağlantıları ortaya koymaktır. Bu doğrultuda araştırma, "Dijitalleşmenin birey üzerindeki olumsuz etkileri bağımlılık, dışlanma ve yabancılaşma kavramlarıyla nasıl açıklanabilir?" sorusuna yanıt aramaktadır. Araştırma, nitel araştırma desenlerinden doküman analizine dayalı sistematik literatür taraması yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda konuyla ilgili ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar, kitaplar ve hakemli dergi makaleleri incelenmiş; elde edilen veriler betimsel analiz tekniğiyle değerlendirilmiştir. Böylece literatürde yer alan farklı yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve kavramsal bir çerçeve oluşturulmuştur. Elde edilen bulgular, dijitalleşmenin birey üzerinde yarattığı bağımlılık, dışlanma ve yabancılaşma olgularının birbirinden bağımsız süreçler olmadığını, aksine birbirini besleyen ve iç içe geçen bir yapı sergilediğini göstermektedir. Özellikle dijital bağımlılığın bireyin sosyal ilişkilerini zayıflatabildiği, bunun ise dışlanma duygusunu artırarak yabancılaşmayı derinleştirdiği görülmektedir. Çalışmanın önemi, dijitalleşmenin birey üzerindeki olumsuz etkilerini parçalı bir biçimde değil, bütüncül bir çerçevede ele alarak bu etkiler arasındaki ilişkisel bağlantıları görünür kılmasında yatmaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem bireysel refahın korunması hem de sağlıklı toplumsal yapıların sürdürülebilmesi açısından önemli bir katkı sunmakta ve gelecekte yapılacak araştırmalar için kavramsal bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Bağımlılık, Dışlanma, Yabancılaşma.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, sibel.duygulu@bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, mert.sogukoluk@bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, yeliz.bulut@yobu.edu.tr

Abstract

Digitalization a significant process that profoundly transforms nearly all aspects of individual and societal life.. The widespread use of digital technologies across numerous domains—from education to healthcare, from communication to production, and from entertainment to commerce—has been reshaping individuals' daily practices; these technologies provide significant advantages such as access to services independent of time and space, as well as rapid access to information. However, alongside these advantages, digitalization is observed to exert various adverse effects on individuals. Indeed, the negative impacts of digitalization on the individual have been addressed with increasing interest across different disciplines of the social sciences in recent years. In this context, phenomena such as digital addiction, cyberbullying, burnout, social exclusion, fear of missing out (FOMO), technostress, and alienation have come to the forefront. However, a review of the existing literature draws attention to the fact that these negative effects are predominantly examined independently of one another, and their relational connections have not been explored in sufficient depth. This study examines the negative effects of digitalization on individuals within the framework of addiction, exclusion, and alienation. The main aim of the study is to analyze these effects from a multidimensional perspective and to reveal the relationships among these concepts. Accordingly, the study seeks to answer the question: "How can the negative effects of digitalization on individuals be explained through the concepts of addiction, exclusion, and alienation?". The research is designed as a qualitative study and conducted through a systematic literature review based on document analysis. In this process, national and international academic studies, books, and peer-reviewed journal articles were examined, and the obtained data were analyzed using descriptive analysis. Thus, different theoretical approaches in the literature were comparatively evaluated, and a conceptual framework was established. The findings indicate that the negative effects of digitalization namely addiction, exclusion, and alienation are not independent phenomena but rather interconnected and mutually reinforcing structure. In particular, digital addiction weakens individuals' social relationships, which in turn intensifies feelings of exclusion and deepens alienation. The significance of this study lies in addressing the negative effects of digitalization within a holistic framework and revealing the relational dynamics among these effects. In this regard, the study significant contributes to both the preservation of individual well-being and the sustainability of healthy social structures, while also providing a conceptual basis for future research.

Keywords: Digitalization, Addiction, Social Exclusion, Alienation

YAPAY ZEKÂ AJANLARININ B2B İŞLETMELERE YÖNELİK HEDEFLİ REKLAMCILIKTA KULLANIMI: GOOGLE MAPS ÖRNEĞİ

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AGENTS IN TARGETED ADVERTISING FOR B2B BUSINESSES: THE GOOGLE MAPS EXAMPLE

Dr. Öğr. Üyesi Tolkun SOLDAN[1]

Özet

Bu çalışma iletişim teknolojilerinin geldiği son noktalardan biri olan yapay zekâ ajanlarının B2B işletmeler için hedefli reklamcılık süreçleri açısından taşıdığı potansiyeli Google Maps verileri üzerinden incelemektedir. Dijital dönüşümle birlikte reklamcılık ekosisteminin veri temelli ve otomasyon odaklı bir yapıya evrilmiştir. Araştırmanın amacı, yapay zekâ ajanlarının Google Maps verilerini kullanarak nasıl maliyet etkin, ölçeklenebilir ve otomatik reklam stratejileri geliştirebileceğini somut bir otomasyon iş akışı (workflow) üzerinden analiz etmektir. Çalışma nitel araştırma yöntemi ve durum çalışması deseniyle yapılmıştır. Veri kaynağı olarak, n8n tabanlı Google Maps veri otomasyonlarını teknik olarak açıklayan altı adet Türkçe YouTube videosu amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiş ve betimsel içerik analiziyle incelenmiştir.

Araştırmanın bulguları, Google Maps'in sadece bir navigasyon aracı değil, aynı zamanda B2B veri madenciliği için devasa bir ticari istihbarat havuzu olduğunu ortaya koymaktadır. Platform; fabrikalardan geleneksel dükkanlara kadar geniş bir yelpazeyi barındırması sayesinde, henüz dijitalleşmemiş işletmelere ulaşmak için bir "Mavi Okyanus" fırsatı sunmaktadır. İncelenen n8n otomasyon süreci şu aşamalardan oluşmaktadır: a) Apify gibi araçlar kullanılarak Google Maps üzerinden işletme adı, konumu, iletişim bilgileri ve müşteri puanları gibi ham veriler çekilmektedir. b) Yapay zekâ ajanları, toplanan verileri işletmelerin ihtiyaçlarına göre kategorize etmektedir. c) Yapılandırılan veriler Google Sheets'e aktarılmakta ve otomatik e-posta gönderimi gibi pazarlama faaliyetleri için hazır hale getirilmektedir.

Yapay zekâ ajanları, geleneksel yöntemlerle günler süren veri toplama ve tasnif işlemlerini dakikalara indirerek insan kaynağına dayalı sınırlılıkları ortadan kaldırmaktadır. Bir yapay zekâ ajanının 5-10 kişilik bir pazarlama ekibinin iş yükünü üstlenebilmesi, işletmelere ciddi bir maliyet avantajı ve operasyonel süreklilik sağlamaktadır. Yapay zekâ ajanları B2B reklamcılığında yalnızca bir veri sağlama aracı değil, pazar araştırması ile doğrudan pazarlama arasındaki kopukluğu gideren aktif bir "dijital çalışan" olarak konumlanmaktadır. Bu sistemler, veriyi sadece toplamakla kalmayıp analiz ederek hiper-kişiselleştirilmiş reklam stratejilerinin hazırlanmasına imkân tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ Ajanları, Hedefli Reklam, B2B işletmeler, n8n, Otomasyon.

[1] İstanbul Ticaret Üniversitesi, tsoldan@ticaret.edu.tr

Abstract

This study examines the potential of artificial intelligence agents, one of the latest advancements in communication technologies, for targeted advertising processes for B2B businesses using Google Maps data. With digital transformation, the advertising ecosystem has evolved into a data-driven and automation-focused structure. The aim of the research is to analyze how artificial intelligence agents can develop cost-effective, scalable, and automated advertising strategies using Google Maps data through a concrete automation workflow. The study was conducted using a qualitative research method and a case study design. As a data source, six Turkish YouTube videos technically explaining n8n-based Google Maps data automations were selected using purposive sampling and analyzed using descriptive content analysis. The findings of the research reveal that Google Maps is not only a navigation tool but also a massive pool of business intelligence for B2B data mining. The platform; Thanks to its wide range of businesses, from factories to traditional shops, it offers a "Blue Ocean" opportunity to reach businesses that have not yet digitized. The n8n automation process examined consists of the following stages: a) Raw data such as business name, location, contact information, and customer ratings are extracted from Google Maps using tools like Apify. b) AI agents categorize the collected data according to the needs of the businesses. c) The structured data is transferred to Google Sheets and made ready for marketing activities such as automated email sending. AI agents eliminate the limitations of human resources by reducing data collection and classification processes, which take days with traditional methods, to minutes. The fact that an AI agent can take on the workload of a marketing team of 5-10 people provides businesses with a significant cost advantage and operational continuity. In B2B advertising, AI agents are positioned not only as a data provider but also as active "digital workers" that bridge the gap between market research and direct marketing. These systems not only collect data but also analyze it, enabling the creation of hyper-personalized advertising strategies.

Keywords: AI Agents, Targeted Advertising, B2B Businesses, n8n, Automation.

GÖRSELDEN 3D MODEL ÜRETEN (IMAGE-TO-3D) YAPAY ZEKÂ SİSTEMLERİNİN BİNA MODELLEMESİNDE KULLANIMI

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS THAT GENERATE 3D MODELS FROM IMAGES (IMAGE-TO-3D) IN BUILDING MODELLING

İlayda ŞAHİNER[1]
Dr. Öğr. Üyesi Sadakat Safiyye MUMCUOĞLU TÜRKER[2]
Öğr. Gör. Adem KABADAYI[3]

Özet

Yapay zekâ destekli üç boyutlu model üretim teknolojileri, mimarlıkta mevcut yapıların hızlı belgelenmesi, dijital arşivlenmesi ve görselleştirilmesi açısından yeni olanaklar sunmaktadır. Özellikle son yıllarda gelişen Image-to-3D sistemleri, yalnızca fotoğraf verisi kullanılarak kısa sürede üç boyutlu modeller üretme imkânı sağlaması nedeniyle mimarlık alanında son derece dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın amacı, görselden 3D model üreten güncel yapay zekâ sistemlerinin bina modellemesindeki performanslarını değerlendirmek ve mimarlık alanındaki kullanım potansiyellerini ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında, iki cephesi görülebilen, kırma çatılı ve tek şerefeli minareye sahip bir cami yapısının fotoğrafları kullanılarak ücretsiz deneme sürümü sunan farklı Image-to-3D tabanlı yapay zekâ araçları test edilmiştir. Değerlendirme ölçütleri olarak geometrik doğruluk, oran-orantı başarısı, cephe sürekliliği, eksik cephelerin tamamlanma biçimi, doku kalitesi ve arazi / topografya aktarımları politikaları dikkate alınmıştır.

Yöntem olarak aynı yapı görselleri farklı platformlara yüklenmiş, elde edilen modeller karşılaştırmalı biçimde incelenmiştir. Analizler sonucunda, yapay zekâ sistemlerinin özellikle tek fotoğraf üzerinden dahi kısa sürede kullanılabilir üç boyutlu modeller üretebildiği görülmüştür. Bazı araçlar yapının genel kütlesini, minare detaylarını ve arazi eğimini gerçeğe yakın biçimde modelleyebilmiştir. Bazı araçlarda ise eksik cepheleri mevcut cephelerden türeterek tamamlamıştır.

Olumsuz bulgular arasında, bazı sistemlerin minareyi çift üretmesi, yapı kütlesini gerçekte olduğundan uzun veya hatalı oranlarda modellemesi, cephelerde pencere açıklıklarını yanlış yorumlaması ve mevcut olmayan iç bölücü duvarlar eklemesi yer almaktadır. Ayrıca taş duvar gibi özgün malzeme dokularının çoğu sistem tarafından yeterli çözünürlükte aktarılamadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, Image-to-3D yapay zekâ sistemleri mimarlıkta ön modelleme, hızlı görselleştirme, rölöve ön hazırlığı ve dijital belgeleme süreçlerinde önemli potansiyele sahiptir. Ancak özellikle tarihi veya detaylı yapılarda hassas restitüsyon, doğru ölçülendirme ve malzeme aktarımı açısından henüz uzman denetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu araçların mimarlık pratiğinde daha etkin kullanılacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Image-to-3D, Mimarlık, Bina Modellemesi, Dijital Belgeleme

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16004121003@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, ss.mumcuoglu@yobu.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, adem.kabadayi@bozok.edu.tr

Abstract

Artificial intelligence-supported 3D model generation technologies offer new possibilities in architecture for the rapid documentation, digital archiving and visualisation of existing structures. In particular, Image-to-3D systems, which have developed significantly in recent years, have attracted considerable attention in the field of architecture due to their ability to generate 3D models in a short time using only photographic data. The aim of this study is to evaluate the performance of current AI systems that generate 3D models from images in building modelling and to highlight their potential applications in the field of architecture. As part of the study, various AI-based Image-to-3D tools offering free trial versions were tested using photographs of a mosque structure featuring two visible facades, a hipped roof and a single-tiered minaret. The evaluation criteria considered included geometric accuracy, success in maintaining proportions, façade continuity, the manner in which missing façades were completed, texture quality, and policies regarding terrain and topography representation.

As a method, images of the same structure were uploaded to different platforms, and the resulting models were examined in a comparative manner. The analyses revealed that AI systems can produce usable 3D models in a short time, even from a single photograph. Some tools were able to model the building's overall mass, minaret details and terrain slope with a high degree of accuracy. In some tools, missing facades were completed by deriving them from existing facades.

Negative findings included some systems producing duplicate minarets, modelling the building mass as longer than in reality or with incorrect proportions, misinterpreting window openings on the facades, and adding non-existent internal partition walls. Furthermore, it was determined that most systems were unable to reproduce the texture of unique materials, such as stone walls, with sufficient resolution.

In conclusion, Image-to-3D artificial intelligence systems hold significant potential in architectural pre-modelling, rapid visualisation, survey preparation, and digital documentation processes. However, particularly in historical or detailed buildings, expert supervision is still required for precise restoration, accurate measurement, and material representation. It is anticipated that, with the advancement of technology, these tools will be utilised more effectively in architectural practice.

Keywords: Artificial Intelligence, Image-to-3D, Architecture, Building Modelling, Digital Documentation

İSLAM MEDENİYETİNDE BİLGİ EKOSİSTEMİNDEN DİJİTAL BİLGİ EKOSİSTEMİNE: İKİZ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİ

FROM THE KNOWLEDGE ECOSYSTEM TO THE DIGITAL KNOWLEDGE ECOSYSTEM IN ISLAMIC CIVILIZATION: A TWIN TRANSFORMATION PERSPECTIVE

Dr. Öğr. Üyesi Dadaş MUTALLİM[1]

Özet

Son yıllarda "ikiz dönüşüm" kavramı, dijitalleşme ile sürdürülebilir kalkınma süreçlerinin birlikte ele alınmasını ifade eden temel bir paradigma olarak öne çıkmaktadır. Bu paradigma yalnızca teknolojik ilerlemeyi değil, aynı zamanda bilginin üretim, dolaşım ve kullanım biçimlerinin köklü dönüşümünü de kapsamaktadır. Günümüzde yapay zekâ, büyük veri ve dijital ağlar üzerinden şekillenen bilgi ekosistemi, insanlık tarihinde yaşanan önceki büyük bilgi dönüşümleriyle karşılaştırılabilir bir kırılma noktasını temsil etmektedir. Bu çalışma, İslam medeniyetinin erken dönemlerde inşa ettiği bilgi üretim ve dolaşım sisteminin, günümüzdeki dijital bilgi ekosistemine tarihsel bir perspektif sunduğunu ileri sürmektedir. 8. ve 10. yüzyıllar arasında şekillenen İslam medeniyeti, tarihin en kapsamlı bilgi üretim hareketlerinden birini gerçekleştirmiştir. Abbâsî döneminde gelişen çeviri hareketi, yalnızca Antik Yunan mirasının aktarımını değil, aynı zamanda bu mirasın yeniden yorumlanmasını ve geliştirilmesini sağlamıştır. Bağdat, Kahire ve Kurtuba gibi şehirlerde kurulan kütüphaneler, medreseler ve bilim merkezleri; bilginin kurumsallaştığı ve uluslararası bir dolaşıma kavuştuğu merkezler hâline gelmiştir. Bu dönemde bilgi üretimi bireysel faaliyetlerin ötesine geçerek kurumsal bir yapı kazanmıştır. Medrese sistemi, ilmî disiplinlerin sistematik biçimde öğretilmesini sağlarken, ulema arasındaki seyahat ve yazışma ağları erken dönem akademik ağların temelini oluşturmuştur. Böylece İslam dünyasında, farklı coğrafyalardan âlimlerin katıldığı geniş ölçekli bir bilgi paylaşım ağı ortaya çıkmıştır. Bu ağ, günümüzün küresel akademik iletişim sistemlerinin tarihsel bir öncülü olarak değerlendirilebilir.

İslam medeniyetinin bilgi tarihindeki en dikkat çekici yönlerinden biri, çeviri hareketinin doğurduğu "açık bilgi kültürü"dür. Antik metinlerin Arapçaya çevrilmesiyle başlayan süreç, yalnızca bilginin korunmasını değil, aynı zamanda farklı kültürlerin entelektüel birikimlerinin bir araya getirilmesini sağlamıştır. Bu süreç, bilginin evrensel niteliğini vurgulayan bir anlayışın gelişmesine katkıda bulunmuştur. Bu bağlamda, Ortaçağ İslam dünyasında oluşan bilgi dolaşımı, günümüzdeki açık erişim, açık bilim ve veri paylaşımı tartışmalarıyla dikkat çekici benzerlikler göstermektedir. Bugün dijital platformlar aracılığıyla gerçekleşen bilgi paylaşımı, geçmişte seyahat eden âlimler, el yazmaları ve kütüphaneler aracılığıyla gerçekleşen bilgi dolaşımının dijital bir devamı olarak görülebilir.

21. yüzyılda yapay zekâ ve büyük veri teknolojileri, bilginin üretim ve analiz süreçlerini radikal biçimde dönüştürmektedir. Bilgi artık yalnızca insan zihninin ürünü olmaktan çıkmakta, algoritmik süreçlerin de katkı sunduğu bir yapıya dönüşmektedir. Bu dönüşüm, bilgi üretiminin hızını artırırken aynı zamanda bilgi güvenilirliği, etik sorumluluk ve veri yönetimi gibi yeni tartışmaları gündeme getirmektedir. İslam medeniyetinin bilgi üretiminde geliştirdiği eleştirel yöntemler, isnad sistemi ve metin tenkidi gibi uygulamalar, günümüzdeki veri doğrulama ve bilgi güvenilirliği tartışmaları açısından dikkat çekici paralellikler sunmaktadır. Bu durum, klasik bilgi üretim yöntemlerinin dijital çağda yeniden yorumlanabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, İslam medeniyetinin erken dönem bilgi üretim sistemi, günümüzdeki dijital bilgi ekosisteminin tarihsel bir öncülü olarak değerlendirilebilir. Çeviri hareketi, kurumsal eğitim yapıları ve küresel bilim ağları; bugün yapay zekâ, açık bilim ve dijital bilgi paylaşımı bağlamında yeniden anlam kazanmaktadır. Bu tarihsel perspektif, dijital dönüşümün yalnızca teknolojik bir süreç değil, aynı zamanda medeniyetler arası bilgi birikiminin devamı olduğunu ortaya koymaktadır. Böylece İslam medeniyetinin bilgi tecrübesi, çağdaş dijital dönüşüm tartışmalarına güçlü bir tarihsel zemin sunmaktadır.

Anahtar Kelimler: İkiz dönüşüm, Dijital bilgi ekosistemi, İslam medeniyetinde bilgi üretimi, Çeviri hareketi ve açık bilgi kültürü, Yapay zekâ ve büyük veri

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, dadas.mutallim@yobu.edu.tr

Abstract

In recent years, the concept of "twin transformation" has emerged as a fundamental paradigm representing the integrated handling of digitalization and sustainable development processes. This paradigm encompasses not only technological advancement but also a radical transformation in the ways knowledge is produced, circulated, and utilized. Today, the knowledge ecosystem - shaped by artificial intelligence (AI), big data, and digital networks - represents a turning point comparable to previous major knowledge shifts in human history. This study asserts that the knowledge production and circulation system built by Islamic civilization in its early periods offers a historical perspective on today's digital knowledge ecosystem. Between the 8th and 10th centuries, Islamic civilization carried out one of the most comprehensive knowledge production movements in history. The translation movement that flourished during the Abbasid period ensured not only the transmission of the Ancient Greek heritage but also its reinterpretation and advancement. Libraries, madrasas, and scientific centers established in cities such as Baghdad, Cairo, and Córdoba became hubs where knowledge was institutionalized and gained international circulation. During this period, knowledge production transcended individual activities and acquired an institutional structure. While the madrasa system provided the systematic teaching of scientific disciplines, the networks of travel and correspondence among the "ulama" (scholars) formed the basis of early academic networks. Thus, a large-scale knowledge-sharing network emerged in the Islamic world, involving scholars from diverse geographies. This network can be considered a historical precursor to today's global academic communication systems.

One of the most remarkable aspects of Islamic civilization in the history of knowledge is the "open knowledge culture" birthed by the translation movement. The process, which began with the translation of ancient texts into Arabic, ensured not only the preservation of knowledge but also the convergence of the intellectual accumulation of different cultures. This contributed to the development of an understanding that emphasizes the universal nature of knowledge. In this context, the circulation of knowledge in the medieval Islamic world shows striking similarities to contemporary discussions on open access, open science, and data sharing. The sharing of information through digital platforms today can be viewed as a digital continuation of the knowledge circulation that once occurred through traveling scholars, manuscripts, and libraries.

In the 21st century, AI and big data technologies are radically transforming the processes of knowledge production and analysis. Knowledge is no longer merely a product of the human mind; it is evolving into a structure to which algorithmic processes also contribute. While this transformation increases the speed of knowledge production, it also brings new debates to the fore, such as information reliability, ethical responsibility, and data management. The critical methods developed by Islamic civilization in knowledge production - such as the "isnad" system and textual criticism - offer remarkable parallels to today's discussions on data verification and information reliability. This situation demonstrates that classical knowledge production methods can be reinterpreted in the digital age. In conclusion, the early knowledge production system of Islamic civilization can be evaluated as a historical predecessor to today's digital knowledge ecosystem. The translation movement, institutional educational structures, and global scientific networks are gaining renewed meaning today in the context of AI, open science, and digital knowledge sharing. This historical perspective reveals that digital transformation is not merely a technological process but a continuation of the accumulation of knowledge across civilizations. Thus, the intellectual experience of Islamic civilization provides a strong historical foundation for contemporary digital transformation debates.

Keywords: Twin transformation, Digital knowledge ecosystem, Knowledge production in Islamic civilization, Translation movement and open knowledge culture, Artificial intelligence and big data

NOMOFOBİ: ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNDE BİR İNCELEME
NOMOPHOBIA: A STUDY AMONG UNIVERSITY STUDENTS

Sena YILMAZ [1]
Merve YILMAZ[2]
Doç. Dr. Ayhan DURMUŞ[3]

Özet

Bu çalışma, bireylerin cep telefonundan uzak kaldıklarında yaşadıkları kaygı ve rahatsızlık durumunu ifade eden nomofobi düzeylerini incelemeyi amaçlamaktadır. Günümüzde akıllı telefonların yaygınlaşması ve dijital teknolojilerin günlük yaşamın ayrılmaz bir parçası hâline gelmesi, bireylerin sürekli çevrimiçi olma eğilimini artırmış ve bu durum nomofobi görülme sıklığında artışa neden olmuştur. Nomofobi; huzursuzluk, dikkat dağınıklığı, odaklanma güçlüğü ve kaygı gibi belirtilerle bireylerin psikolojik iyi oluşunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Araştırma, Yozgat ilinde öğrenim gören ön lisans, lisans ve lisansüstü düzeydeki toplam 200-300 öğrenci üzerinde yürütülmesi planlanmaktadır. Çalışma nicel araştırma yöntemi ile gerçekleştirilmiş olup, veri toplama aracı olarak iki bölümden oluşan yapılandırılmış anket formu kullanılmıştır. Anketin ilk bölümünde katılımcıların sosyo-demografik özellikleri ve akıllı telefon kullanım alışkanlıklarına ilişkin sorular yer alırken, ikinci bölümde nomofobi düzeyini ölçmek amacıyla 20 maddeden oluşan 5'li Likert tipinde Nomofobi Ölçeği kullanılmıştır. Araştırmada, ölçeğin yapı geçerliliğini incelemek amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) uygulanacaktır. Elde edilen bulguların, üniversite öğrencilerinin nomofobi düzeylerini ortaya koyması, demografik değişkenlere göre farklılıkları belirlemesi ve bilinçli teknoloji kullanımına yönelik farkındalık oluşturulmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu kapsamda araştırmanın, dijital bağımlılık ve psikolojik iyi oluş arasındaki ilişkiye de dolaylı katkı sunması öngörülmektedir. Ayrıca elde edilecek sonuçların üniversitelerde rehberlik hizmetleri ve psikolojik danışmanlık uygulamalarına veri sağlaması beklenmektedir. Çalışmanın sınırlılıkları arasında yalnızca Yozgat ilindeki öğrencilerle yürütülmesi ve öz-bildirim esaslı veri toplama yöntemi kullanılması yer almaktadır. Gelecek araştırmalarda farklı şehir ve yaş gruplarının karşılaştırılması önerilmektedir. Ayrıca ölçeğin farklı kültürel örneklemlerde test edilmesi, nomofobi kavramının daha geniş bir perspektiften anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Bu tür çalışmalar, dijital çağda bireylerin teknoloji ile kurduğu ilişkinin daha sağlıklı yönetilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesine de zemin hazırlamaktadır. Aynı zamanda eğitim kurumlarında bilinçli telefon kullanımı eğitim programlarının önemini de vurgulamaktadır. Bu doğrultuda, akademik araştırmaların güncelliğini koruyabilmesi ve daha kapsamlı sonuçlar üretebilmesi için disiplinler arası çalışmaların teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Nomofobi, Kaygı, Sosyal İlişkiler, Teknoloji Kullanımı, Dijital Bağımlılık

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 91117725019@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, 91117713042@ogr.bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, ayhan.durmus@yobu.edu.tr

Abstract

This study aims to examine levels of nomophobia, which refers to the anxiety and discomfort individuals experience when separated from their cell phones. Today, the widespread use of smartphones and the fact that digital technologies have become an integral part of daily life have increased individuals' tendency to be constantly online, leading to a rise in the prevalence of nomophobia. Nomophobia can negatively impact individuals' psychological well-being through symptoms such as restlessness, distractibility, difficulty concentrating, and anxiety.

The study is planned to be conducted on a total of 200–300 students enrolled in associate's, bachelor's, and graduate programs in Yozgat Province. The study was conducted using a quantitative research method, and a structured questionnaire consisting of two sections was used as the data collection tool. The first section of the questionnaire included questions regarding participants' sociodemographic characteristics and smartphone usage habits, while the second section utilized a 20-item, 5-point Likert-type Nomophobia Scale to measure nomophobia levels.

In the study, Exploratory Factor Analysis (EFA) will be applied to examine the construct validity of the scale.
It is expected that the findings will reveal the levels of nomophobia among university students, identify differences based on demographic variables, and contribute to raising awareness regarding mindful technology use.

In this context, the study is also anticipated to provide an indirect contribution to the relationship between digital addiction and psychological well-being. Additionally, the results are expected to provide data for guidance services and psychological counseling practices in universities. The study's limitations include being conducted exclusively with students in Yozgat Province and the use of a self-report data collection method. Future studies are recommended to compare different cities and age groups. Furthermore, testing the scale on different cultural samples will contribute to a broader understanding of the concept of nomophobia. Such studies also lay the groundwork for developing strategies to manage individuals' relationships with technology more healthily in the digital age. It also underscores the importance of educational programs on mindful phone use in educational institutions. In this regard, encouraging interdisciplinary research is of great importance to ensure that academic studies remain up-to-date and can produce more comprehensive results.

Keywords: Nomophobia, Anxiety, Social Relationships, Technology Use, Digital Addiction

SAĞLIK YÖNETİCİLERİNİN PERSPEKTİFİNDEN TEKNOLOJİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL HASTANE UYGULAMALARI: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİNDE NİTEL BİR İÇERİK ANALİZİ

TECHNOLOGICAL SUSTAINABILITY AND GREEN HOSPITAL PRACTICES FROM THE PERSPECTIVE OF HEALTHCARE ADMINISTRATORS: A QUALITATIVE CONTENT ANALYSIS OF THE CASE OF YOZGAT PROVINCE

Şebnem GÜRBÜZ[1]
Merve ASLAN [2]
Emine GÜNGÖR[3]
Doç. Dr. Ayhan DURMUŞ[4]

Özet

Bu çalışma, Yozgat ilinde görev yapan sağlık yöneticilerinin bakış açısından sağlık yönetimi, teknolojik sürdürülebilirlik, yeşil hastane uygulamaları, yönetsel algılar ve enerji verimliliği kavramlarını bütüncül bir yaklaşımla incelemeyi amaçlamaktadır. Günümüzde sağlık hizmetlerinde kullanılan teknolojilerin hızla gelişmesi, hizmet kalitesinin artırılmasının yanında çevresel sürdürülebilirliğin de önem kazanmasına neden olmuştur. Bu durum, sağlık kurumlarının yalnızca tedavi hizmeti sunan yapılar olmanın ötesine geçerek çevresel etkileri de dikkate alan daha kapsamlı bir yönetim anlayışına yönelmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle araştırmada sağlık kurumlarında kullanılan teknolojik sistemlerin çevresel etkileri, enerji tüketim düzeyleri ve yöneticilerin bu süreçlere ilişkin değerlendirmeleri ayrıntılı biçimde ele alınacaktır. Aynı zamanda sağlık yöneticilerinin çevre dostu uygulamalara yönelik farkındalık düzeyleri, bu uygulamaların benimsenme durumu ve karar alma süreçlerine etkileri de incelenecektir. Bu kapsamda elde edilecek bulguların, sağlık kurumlarında sürdürülebilir yönetim anlayışının geliştirilmesine katkı sağlaması ve mevcut uygulamaların değerlendirilmesine ışık tutması beklenmektedir.

Araştırma nitel yöntem doğrultusunda planlanmış olup veri toplama sürecinde yarı yapılandırılmış mülakat tekniği kullanılacaktır. Görüşme formunda sağlık kuruluşlarında kullanılan cihazların enerji tüketimi, çevre dostu teknolojilerin kullanım düzeyi, yeni tıbbi cihaz alımlarında çevresel ölçütlerin dikkate alınması, tele-tıp uygulamalarının hizmet kalitesine etkisi, sağlık bilgi sistemlerinin enerji kullanımı ve tıbbi ekipmanların geri dönüşüm süreçleri yer alacaktır. Ayrıca hasta memnuniyeti, veri güvenliği, personelin sürdürülebilirlik bilgi düzeyi ve yönetsel sorunlar da kapsam dahilindedir. Böylece sağlık yöneticilerinin deneyim ve görüşlerinin daha bütüncül biçimde değerlendirilmesi sağlanacaktır.

Toplanan verilerin analizinde içerik analizi yöntemi kullanılacaktır. Veriler sistemli biçimde kodlanacak, benzer ifadeler bir araya getirilerek anlamlı kategoriler oluşturulacaktır. Analiz sürecinde enerji verimliliği, teknolojik sürdürülebilirlik, çevre dostu uygulamalar, kurumsal engeller ile eğitim ve farkındalık gibi temel temalar belirlenecektir.

Araştırma sonucunda sağlık yöneticilerinin çevre dostu teknoloji kullanımına ilişkin algılarının ortaya çıkarılması, mevcut sürdürülebilir hastane uygulamalarının değerlendirilmesi ve yönetsel karar süreçlerine katkı sağlanması beklenmektedir. Elde edilen bulguların sağlık kurumlarında sürdürülebilirlik bilincini artıracağı ve sağlık sektöründe sürdürülebilir politika geliştirme süreçlerine bilimsel katkı sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık Yönetimi, Teknolojik Sürdürülebilirlik, Yeşil Hastane, Yönetsel Algı

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16205122043@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16205122021@ogr.bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16205122078@ogr.bozok.edu.tr
[4] Yozgat Bozok Üniversitesi, ayhan.durmus@yobu.edu.tr

Abstract

This study aims to examine the concepts of healthcare management, technological sustainability, green hospital practices, managerial perceptions, and energy efficiency from the perspective of healthcare administrators working in Yozgat Province, using a holistic approach. The rapid advancement of technologies used in healthcare today has led to an increased emphasis on environmental sustainability alongside improvements in service quality. This situation has made it imperative for healthcare institutions to move beyond being merely structures that provide treatment services and adopt a more comprehensive management approach that also considers environmental impacts. Therefore, the study will examine in detail the environmental impacts of technological systems used in healthcare institutions, their energy consumption levels, and the administrators' assessments of these processes. Additionally, the study will examine healthcare managers' awareness levels regarding eco-friendly practices, the adoption status of these practices, and their impact on decision-making processes. It is anticipated that the findings obtained within this scope will contribute to the development of a sustainable management approach in healthcare institutions and shed light on the evaluation of current practices.

The research is designed using a qualitative approach, and the semi-structured interview technique will be employed during the data collection process. The interview form will include questions regarding the energy consumption of devices used in healthcare institutions, the level of use of environmentally friendly technologies, the consideration of environmental criteria in the procurement of new medical devices, the impact of telemedicine applications on service quality, the energy usage of health information systems, and the recycling processes of medical equipment. Additionally, patient satisfaction, data security, staff knowledge of sustainability, and managerial issues are also included in the scope. This will ensure a more comprehensive evaluation of healthcare managers' experiences and perspectives.

Content analysis will be used to analyze the collected data. The data will be systematically coded, and similar statements will be grouped to form meaningful categories. During the analysis process, key themes such as energy efficiency, technological sustainability, eco-friendly practices, organizational barriers, and education and awareness will be identified.

The study is expected to reveal healthcare administrators' perceptions regarding the use of environmentally friendly technologies, evaluate existing sustainable hospital practices, and contribute to managerial decision-making processes. It is anticipated that the findings will enhance sustainability awareness within healthcare institutions and provide scientific contributions to sustainable policy development processes in the healthcare sector.

Keywords: Healthcare Management, Technological Sustainability, Green Hospital, Managerial Perception

DİJİTALLEŞME BAĞLAMINDA ALLOSTATİK YÜK VE DOLAYLI EKONOMİK SONUÇLAR: TÜKENMİŞLİK VE İŞTEN AYRILMA NİYETİ ÜZERİNE META-ANALİTİK BİR DEĞERLENDİRME

ALLOSTATIC BURDEN AND INDIRECT ECONOMIC CONSEQUENCES IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION: A META-ANALYTIC ASSESSMENT ON BURNOUT AND INTENTION TO LEAVE

Öğr.Gör.Esra AKAY [1]
Arş. Gör. İsmail Kutad İMAMOĞLU[2]

Özet

Dijitalleşmenin çalışma yaşamında yarattığı dönüşüm, iş süreçlerinin yoğunlaşması, sürekli bağlantılılık ve artan bilgi yükü aracılığıyla bireylerin kronik stres maruziyetini belirgin biçimde artırmakta; bu durum allostatik yükün birikimine yol açmaktadır. Söz konusu birikim, yalnızca bireysel sağlık çıktıları üzerinde değil, aynı zamanda iş gücü arzı ve üretkenlik düzeyi gibi temel ekonomik göstergeler üzerinde de belirleyici rol oynamaktadır. Bu çerçevede allostatik yük, sağlık ekonomisi açısından yalnızca klinik bir risk faktörü değil, aynı zamanda iş gücü piyasasında verimlilik kaybı ve maliyet artışı yaratan bir mekanizma olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, mevcut sağlık ekonomisi literatürü, bu etkinin ağırlıklı olarak doğrudan sağlık harcamaları üzerinden analiz edildiği; üretkenlik kaybı, iş gücü devri ve kurumsal sürdürülebilirlik üzerindeki dolaylı maliyet bileşenlerinin ise sınırlı düzeyde ele alındığını görülmektedir.

Bu çalışmada, dijitalleşme ile ilişkili stres faktörlerinin yol açtığı allostatik yükün dolaylı ekonomik etkileri, tükenmişlik ve işten ayrılma niyeti göstergeleri üzerinden meta-analitik bir çerçevede incelenmiştir. Bu doğrultuda, sistematik literatür taraması yoluyla PubMed, Scopus ve Web of Science akademik veri tabanları üzerinden ilgili 443 çalışma belirlenmiş ve önceden tanımlanmış dahil edilme kriterleri doğrultusunda uygun olan 15 çalışma analiz kapsamına alınmıştır. Seçilen çalışmaların etki büyüklükleri (odds ratio) karşılaştırılabilirliği sağlamak amacıyla logaritmik dönüşüm ile standardize edilmiştir. Birleştirilmiş etki büyüklüğü, çalışmalar arası varyasyonu ve örneklem farklılıklarını dikkate almak amacıyla rastgele etkiler modeli (Restricted Maximum Likelihood – REML) kullanılarak tahmin edilmiştir. Heterojenlik düzeyi Cochran's Q testi ve I^2 istatistiği ile değerlendirilmiş; potansiyel yayın yanlılığı ise Egger regresyon testi ve Begg sıralama korelasyon testi aracılığıyla analiz edilmiştir.

Bulgular, tükenmişlik ile işten ayrılma niyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu ilişki, allostatik yükün iş gücü arzını daraltıcı etkisi üzerinden sağlık kurumlarında üretkenlik kaybı, personel devir maliyetleri ve yeniden eğitim giderleri biçiminde ortaya çıkan kayda değer bir dolaylı ekonomik yük oluşturduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma allostatik yük kavramını dolaylı maliyetler perspektifiyle sağlık ekonomisi literatürüne entegre etmekte ve dijitalleşmenin ekonomik etkilerinin yalnızca doğrudan harcama kalemleriyle değil, iş gücü verimliliği ve sürdürülebilirliği üzerinden de değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Allostatik Yük, Sağlık Ekonomisi, Dolaylı Ekonomik Maliyetler

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, esra.akay@yobu.edu.tr
[2] Ankara Hacettepe Üniversitesi, kutad.imamoglu@hacettepe.edu.tr

Abstract

The transformation created by digitalization in work life significantly increases individuals' exposure to chronic stress through the intensification of work processes, constant connectivity, and increasing information overload; this leads to the accumulation of allostatic burden. This accumulation plays a decisive role not only on individual health outcomes but also on key economic indicators such as labor supply and productivity levels. In this context, allostatic burden can be considered not only a clinical risk factor from a health economics perspective but also a mechanism that creates productivity loss and cost increase in the labor market. However, the current health economics literature shows that this effect is mainly analyzed through direct healthcare expenditures; the indirect cost components such as productivity loss, employee turnover, and corporate sustainability are addressed to a limited extent.

In this study, the indirect economic effects of allostatic burden caused by digitalization-related stress factors are examined within a meta-analytic framework through indicators of burnout and intention to leave. Accordingly, 443 relevant studies were identified through a systematic literature search from the academic databases PubMed, Scopus, and Web of Science, and 15 studies meeting predefined inclusion criteria were included in the analysis. The effect sizes (odds ratios) of the selected studies were standardized using logarithmic transformation to ensure comparability. The combined effect size was estimated using a Restricted Maximum Likelihood (REML) random effects model to account for inter-study variation and sample differences. Heterogeneity was assessed using Cochran's Q test and I^2 statistic; potential publication bias was analyzed using Egger regression test and Begg rank correlation test.

The findings reveal a statistically significant and strong relationship between burnout and intention to leave the job. This relationship demonstrates that allostatic load creates a significant indirect economic burden in healthcare institutions through its labor supply-restricting effect, manifesting as productivity loss, staff turnover costs, and retraining expenses. Consequently, this study integrates the concept of allostatic load into the health economics literature from an indirect costs perspective and reveals that the economic impacts of digitalization should be evaluated not only through direct expenditure items but also through labor productivity and sustainability.

Keywords: Digitalization, Allostatic Load, Health Economics, Indirect Economic Costs

KÜLTÜREL MİRASTA DİJİTAL HAFIZA İNŞASI: VAKIFLAR ARŞİVİ VE GÜNCEL ALAN VERİLERİ IŞIĞINDA YOZGAT İL MERKEZİNDEKİ MİHRAPLARIN DEĞİŞİM SÜRECİ

Dr. Öğr. Üyesi Adem SEVİM[1]

Özet

Kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması, günümüz dünyasında "İkiz Dönüşüm" olarak adlandırılan dijitalleşme ve sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde yeniden tanımlanmaktadır. Türk-İslam mimarisinin en temel tezyini ve fonksiyonel unsurlarından biri olan mihraplar, tarihsel süreçte çeşitli doğa olayları, bakımsızlık veya hatalı restorasyon müdahaleleri nedeniyle özgün niteliklerini kaybetme riskiyle karşı karşıyadır. Bu çalışma, Yozgat il merkezindeki tarihi camilerde yer alan mihrapların değişim sürecini, Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivi'nde bulunan tarihi fotoğraflar ile güncel alan araştırmalarından elde edilen veriler ışığında komparatif (karşılaştırmalı) bir yöntemle ele almayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın metodolojisi, arşiv belgelerindeki "restorasyon öncesi" durumun, sahada gerçekleştirilen güncel belgeleme çalışmalarıyla karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu kapsamda, Yozgat'ın mahalli üslubunu yansıtan ve özellikle Osmanlı son dönemindeki Batı etkilerini barındıran mihrapların malzeme, form ve süsleme özelliklerindeki stilistik dönüşümler analiz edilmektedir. Arşiv verilerinin dijital ortama aktarılması ve güncel görsel verilerle eşleştirilmesi, kültürel mirasın korunmasında bir "dijital hafıza" inşası olarak kurgulanmıştır.

Elde edilen bulgular, geçmişe ait görsel kayıtların dijital envanterlere dönüştürülmesinin, restorasyon süreçlerinde özgünlüğün korunması ve sürdürülebilir koruma stratejilerinin geliştirilmesi açısından hayati bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu bildiri, Yozgat özelinde yerel sanat tarihi literatüründeki boşluğu doldurmayı ve dijital belgeleme yöntemlerinin tarihi çevre koruma bilincine sağladığı metodolojik katkıyı tartışmaya açmayı hedeflemektedir. Sonuç olarak, oluşturulan bu dijital bellek, gelecekteki onarım çalışmaları için bilimsel bir alt yapı sunarken, kültürel mirasın dijital dünyada sürdürülebilir varlığını güvence altına almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yozgat, Sanat Tarihi, Mihrap, Dijital Hafıza, Vakıflar Arşivi, Sürdürülebilir Koruma.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, adem.sevim@bozok.edu.tr

SAĞLIK HİZMETLERİNDE YAPAY ZEKÂ VE ROBOTİK TEKNOLOJİLERE YÖNELİK KORKU, GÜVEN VE FAYDA ALGILARININ KUŞAKLAR ARASI İNCELENMESİ

INTERGENERATIONAL ANALYSIS OF FEAR, TRUST, AND PERCEIVED BENEFIT REGARDING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ROBOTIC TECHNOLOGIES IN HEALTHCARE

Efekan DURDURUR[1]

Özet

Bu çalışmanın amacı, farklı kuşaklardaki bireylerin sağlık hizmetlerinde yapay zekâ ve robotik teknolojilerin kullanımına yönelik korku, güven ve fayda algılarını incelemek ve bu algıların kuşak değişkeni (X, Y, Z) açısından farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya koymaktır. Araştırma, nicel araştırma desenlerinden betimsel model (kesitsel tarama) kullanılarak yürütülmüştür. Araştırmanın evrenini 18 yaş ve üzeri bireyler oluşturmaktadır. Kartopu örnekleme yöntemiyle çevrimiçi anket yoluyla ulaşılan 283 gönüllü katılımcıdan veriler, 21 Mart – 26 Nisan 2026 tarihleri arasında çevrim içi anket yöntemiyle toplanmıştır. Veri toplama aracı; katılımcıların demografik özelliklerini ve yapay zekâya yönelik algılarını içeren iki ana bölümden oluşmaktadır. Elde edilen veriler SPSS programında analiz edilmiş; gruplar arası farkların tespiti için Ki-kare testi ($p < 0,05$) uygulanmıştır. Katılımcıların %31,1'i X (n=88), %34,6'sı Y (n=98) ve %34,3'ü Z (n=97) kuşağını temsil etmektedir. Katılımcıların %85,2'si yapay zekâ kavramını duymuş olsa da tıbbi alandaki kullanımı hakkında tam bilgi sahibi olanların oranı %24,4'te kalmıştır. Ki-kare analizi sonuçlarına göre; "etik sorunlar" (p=0,010), "tıbbi sorumluluk alınmaması" (p=0,000) ve "insan ruhundan anlamama" (p=0,005) risklerine dair korkuların kuşaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaştığı saptanmıştır. Güven boyutunda; robot bir hekim tarafından ameliyat edilme (p=0,021) ve hemşirelik bakımı alma (p=0,023) durumlarında kuşaklar arası belirgin farklar saptanmıştır. Fayda algısında ise yapay zekânın monoton görevleri basitleştireceği (p=0,000), verimliliği artıracağı (p=0,000) ve bu alanda eğitim almanın kariyer için faydalı olacağı (p=0,000) düşüncelerinde ileri düzeyde anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, sağlıkta yapay zekâ ve robotik teknolojilere yönelik tutumların bireylerin ait oldukları kuşak dinamiklerinden önemli ölçüde etkilendiğini kanıtlamaktadır. Genel olarak YZ'nin iş yükünü azaltma ve verimlilik sağlama potansiyeli kabul görse de, etik kaygılar ve sorumluluk belirsizliği konusunda kuşaklar arası algı farklılıkları mevcuttur. Bu bağlamda, sağlık hizmetlerinde teknoloji entegrasyonu planlanırken kuşak odaklı stratejiler izlenmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Robotik Teknolojiler, Sağlık Hizmetleri, Kuşak Farklılıkları

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16205222027@ogr.bozok.edu.tr

Abstract

This study aims to examine the perceptions of fear, trust, and benefit regarding the use of artificial intelligence (AI) and robotic technologies in healthcare across different generations and to determine whether these perceptions differ based on the generational variable (X, Y, Z). The research was conducted using a descriptive model (cross-sectional survey), one of the quantitative research designs. The population consists of individuals aged 18 and over. Data were collected from 283 voluntary participants reached through snowball sampling between March 21 and April 26, 2026, via an online survey method. The data collection tool consists of two main sections: demographic characteristics and perceptions toward AI. The data were analyzed using SPSS; Chi-square tests ($p < 0.05$) were applied to identify differences between groups. 31.1% of the participants represent Generation X (n=88), 34.6% Generation Y (n=98), and 34.3% Generation Z (n=97). Although 85.2% of participants had heard of the concept of AI, only 24.4% were fully informed about its medical use. According to Chi-square analysis results, fears regarding "ethical issues" (p=0.010), "lack of medical responsibility" (p=0.000), and "lack of human touch/soul" (p=0.005) significantly differed across generations. Regarding the trust dimension, significant generational differences were found in being operated on by a robotic doctor (p=0.021) and receiving nursing care (p=0.023). In terms of benefit perception, highly significant differences were identified in thoughts that AI will simplify monotonous tasks (p=0.000), increase efficiency (p=0.000), and that receiving training in this field would be beneficial for career development (p=0.000). Research results prove that attitudes toward AI and robotic technologies in healthcare are significantly influenced by the generational dynamics to which individuals belong. While the potential of AI to reduce workload and provide efficiency is generally accepted, generational differences exist regarding ethical concerns and responsibility ambiguity. In this context, it is of great importance to follow generation-oriented strategies when planning technology integration in healthcare services.

Keywords: Artificial Intelligence, Robotic Technologies, Healthcare Services, Generational Differences

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ'NDE ÇALIŞAN HEMŞİRELERİN SÜRDÜRÜLEBİLİR BESLENMEYE YÖNELİK DAVRANIŞLARININ, E-SAĞLIKLI BESLENME OKURYAZARLIKLARININ VE HEMŞİRELER İÇİN YAPAY ZEKÂ TUTUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF SUSTAINABLE NUTRITION BEHAVIORS, HEALTHY NUTRITION LITERACY, AND ATTITUDES TOWARDS ARTIFICIAL INTELLIGENCE AMONG NURSES WORKING AT YOZGAT BOZOK UNIVERSITY HEALTH PRACTICE AND RESEARCH CENTER DIRECTORATE

Meryem Gözde KOÇAK[1]
Prof. Dr. Vugar Ali TÜRKSOY[2]

Özet

Sürdürülebilir beslenme, halk sağlığını ve doğal kaynakları optimize eden, biyoçeşitlilik ve ekosisteme karşı koruyucu, ulaşılabilir, ekonomik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama imkânını gözeten ve kültürel olarak kabul gören beslenme biçimidir. Amaç; bireylerin büyüme ve gelişimini sağlamak, günümüz ve gelecek nesillerin fiziksel, mental ve sosyal yönden iyilik halini desteklemek, malnütrisyonu önlenmek, diyetle ilişkili hastalık riskini azaltmak, iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik kaybına karşı önlem almaktır.

Yapay zekâ hastalık tespiti ve önlenmesi, nüfusu sağlıklı beslenme, yaşam tarzı ve egzersiz alışkanlıklarını benimsemeye teşvik edebilir; hastalık şiddetini düşürerek hasta sonuçlarını iyileştirebilir ve sağlık sistemleri üzerindeki ekonomik yükü azaltabilir. Yapay zekâ ve dijitalleşme yaşamımıza girmesiyle bireylerin sağlık/beslenme bilgilerini bulabilmeleri, anlayabilmeleri ve dijital kaynakları kullanabiliyor olmaları gerekmektedir. Hemşireler, toplumun sağlıklı yaşam davranışlarının geliştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Bu çalışmanın amacı Yozgat Bozok Üniversitesi (YOBÜ) Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü hemşirelerinin sürdürülebilir beslenme, E-Sağlıklı beslenme okuryazarlığı ve yapay zekâ tutumları arasındaki ilişkiyi incelemektir.

Çalışma YOBÜ Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü'nde çalışan 18-64 yaş arası 95 hemşireyle yürütülmüştür. Anket 4 bölümden oluşmaktadır: 1. bölümde demografik özellikler, sağlık bilgileri ve beslenme alışkanlıklarıyla ilgili sorular sorulmuştur. 2. bölümde Sürdürülebilir Beslenmeye Yönelik Davranış Ölçeği, 3. bölümünde E-Sağlıklı Beslenme Okuryazarlık Ölçeği ve 4. bölümde Hemşireler için Yapay Zekâ Tutum Ölçeği uygulanmıştır. Sürdürülebilir Beslenmeye Yönelik Davranış, E-Sağlıklı Beslenme Okuryazarlık ve Hemşireler için Yapay Zekâ Tutum Ölçeklerinden maksimum alınacak puanlar sırasıyla 145, 71 ve 160'dır. Katılımcıların Sürdürülebilir Beslenmeye Yönelik Davranış Ölçeği puanı nispeten yüksek düzeydeyken E-Sağlıklı Beslenme Okuryazarlık ve Hemşireler için Yapay Zekâ Tutum ölçekleri puanı orta düzeydedir.

Sonuç olarak, hemşirelerin bu alanlardaki düzeylerinin belirlenmesi; doğru beslenme bilgilerinin topluma aktarılması, dijital sağlık araçlarının etkin ve güvenilir kullanılması ve sürdürülebilir beslenme davranışlarının desteklenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Hemşirelerin bilgi, beceri ve tutumlarının güçlendirilmesine yönelik eğitim programlarının geliştirilmesi, bireysel ve toplumsal sağlık düzeyinin iyileştirilmesini sağlayarak sürdürülebilir sağlık sistemi oluşturulmasına önemli bir zemin hazırlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Beslenme, Dijital Sağlık, Yapay Zekâ

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, m.gozdebulat@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, v.aliturksoy@yobu.edu.tr

Abstract

Sustainable nutrition is a form of diet that optimizes public health and natural resources, protects biodiversity and ecosystems, is accessible, economical, considers the needs of future generations, and is culturally accepted. The aim is to ensure the growth and development of individuals, support the physical, mental, and social well-being of present and future generations, prevent malnutrition, reduce the risk of diet-related diseases, and take precautions against climate change and biodiversity loss.

Artificial intelligence can improve disease detection and prevention, encourage the population to adopt healthy eating, lifestyle, and exercise habits; reduce disease severity, improve patient outcomes, and lessen the economic burden on healthcare systems. With the integration of artificial intelligence and digitalization into our lives, individuals need to be able to find, understand, and utilize digital resources for health/nutrition information. Nurses play a crucial role in promoting healthy lifestyle behaviors within the community. The aim of this study is to examine the relationship between sustainable nutrition, e-health literacy, and artificial intelligence attitudes of nurses at Yozgat Bozok University (YOBU) Health Application and Research Center.

The study was conducted with 95 nurses aged 18-64 working at the YOBU Health Application and Research Center Directorate. The questionnaire consisted of four sections: Section 1 included questions about demographic characteristics, health information, and nutritional habits. Section 2 consisted of the Sustainable Nutrition Behavior Scale, Section 3 of the E-Healthy Nutrition Literacy Scale, and Section 4 of the Artificial Intelligence Attitude Scale for Nurses. The maximum possible scores on the Sustainable Nutrition Behavior Scale, E-Healthy Nutrition Literacy Scale, and Artificial Intelligence Attitude Scale for Nurses were 145, 71, and 160, respectively. While participants' scores on the Sustainable Nutrition Behavior Scale were relatively high, their scores on the E-Healthy Nutrition Literacy Scale and Artificial Intelligence Attitude Scale for Nurses were at a moderate level.

In conclusion, determining the level of nurses in these areas is important for the following reasons: the correct nutrition information is communicated to society; digital health tools are used effectively and reliably; sustainable nutrition behaviours are supported. Developing education programmes to strengthen nurses' knowledge, skills and attitudes will improve individual and societal health levels and lay the groundwork for a sustainable health system.

Keywords: Sustainable Nutrition, Digital Health, Artificial Intelligence

HUMORAL TEORİNİN MODERN BİR YORUMU: YAPAY ZEKAYI, BESLENMEYİ VE SOSYAL BELİRLEYİCİLERİ DİJİTAL SAĞLIKTA BÜTÜNLEŞTİREN KAVRAMSAL BİR MODEL

A MODERN INTERPRETATION OF HUMORAL THEORY: A CONCEPTUAL MODEL INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE, NUTRITION, AND SOCIAL DETERMINANTS IN DIGITAL HEALTH

Mücahit KOÇAK[1]
Meryem Gözde KOÇAK[2]
Prof. Dr. Vugar Ali TÜRKSOY[3]

İlk olarak Hipokrat tarafından ortaya atılan ve daha sonra Galen tarafından geliştirilen Humoral Teori, kan, balgam, sarı safra ve kara safra olmak üzere dört vücut sıvısı arasındaki denge yoluyla sağlığın korunmasında bu sıvıların rolünü vurgular. Her bir vücut sıvısı, fizyolojik, psikolojik ve davranışsal özellikleri birbirine bağlayan belirli mizaç özellikleriyle ilişkilendirilir. Bu klasik çerçeveyi modern dijital sağlık yaklaşımları üzerinden yeniden ele almak, kişiselleştirilmiş tıp konusunda yeni içgörüler sağlayabilir. Çalışmamızın amacı farklı mizaca sahip bireylerin demografik özellikleri, sağlık ve beslenme durumlarını göz önünde bulundurarak yapay zeka destekli bir sağlık ve beslenme modeli geliştirmektir.

Bu ön çalışma niteliğindeki kesitsel araştırmaya, farklı mizaç profillerini temsil eden 25 katılımcı dahil edildi. Katılımcıların %72'si erkek, %28'i kadındı. Katılımcıların %52'si diyetlerini sağlıklı olarak algılarken, tanımlayıcı bulgular, %60 sigara içme oranı, düşük meyve ve sebze tüketimi (%36) ve düşük fiziksel aktivite (%64, günde 30 dakikadan az yürüme) dahil olmak üzere optimal olmayan yaşam tarzı davranışlarını ortaya koydu. Duygusal durum dağılımı, katılımcıların neredeyse yarısının (%48) neşeli ve enerjik bir mizaca sahip olduğunu, bunu melankolik (%28) ve sakin (%20) profillerin izlediğini gösterdi. Lojistik regresyon analizi, duygusal durumun algılanan sağlıklı beslenmenin istatistiksel olarak anlamlı bir öngörücüsü olmadığını ($p = 0,349$) gösterdi, ancak pozitif bir eğilim gözlemlendi (OR = 1,385), bu da daha pozitif duygusal profillere sahip bireylerin kendilerini daha sağlıklı olarak algılama olasılığının daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Bağımsız değişkenlerin hiçbiri algılanan sağlıklı beslenmenin anlamlı bir öngörücüsü değildi ($p > 0,05$). Ancak, ilişkilerin yönü, fiziksel aktivitenin (OR = 1,49) ve su alımının (OR = 1,33) kişinin kendini sağlıklı olarak algılama olasılığını artırdığını, alkol tüketiminin ise negatif bir ilişki gösterdiğini (OR = 0,13) ortaya koymuştur. Model, vakaların %64'ünü doğru sınıflandırarak orta düzeyde tahmin performansı göstermiştir.

Bulgular, beslenme alışkanlıklarında, yaşam tarzı davranışlarında ve duygusal özelliklerde önemli bir değişkenlik olduğunu göstermekte ve bireysel sağlık farklılıklarını anlamada mizaç temelli çerçevelerin önemini desteklemektedir. Sağlıksız davranışların olumlu öz algıyla birlikte varlığı, öznel ve nesnel sağlık değerlendirmeleri arasında kritik bir boşluğu vurgulamaktadır. Çalışma kapsamında yapay zeka destekli model, geleneksel hümoral kavramları modern veri odaklı sistemlerle birleştirerek kişiselleştirilmiş sağlık ve beslenme stratejilerini geliştirmek için yeni bir bütünleyici yaklaşım sunmaktadır. Bununla birlikte, bu ön çalışma sınırlı örneklem büyüklüğü göz önüne alındığında, bu bulguları doğrulamak ve modelin dijital sağlıkta uygulanabilirliğini iyileştirmek için daha büyük ölçekli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hümoral Teori, Yapay Zeka, Dijital Sağlık, Beslenme, Mizaç, Kişiselleştirilmiş Tıp

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, m.kocakk19@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, m.gozdebulat@gmail.com
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, v.aliturksoy@yobu.edu.tr

Abstract

The Humoral Theory, originally proposed by Hippocrates and later expanded by Galen, emphasizes the role of bodily fluids in maintaining health through a balance among four humors: blood, phlegm, yellow bile, and black bile. Each humor is associated with specific temperament traits, linking physiological, psychological, and behavioral characteristics. Revisiting this classical framework through modern digital health approaches may provide novel insights into personalized medicine.

This preliminary cross-sectional study included 25 participants representing different temperament profiles. Among participants, 72% were male and 28% female. While 52% perceived their diet as healthy, descriptive findings revealed suboptimal lifestyle behaviors, including 60% smoking prevalence, low fruit vegetable consumption (36%), and low physical activity (64% walking <30 min/day). Emotional status distribution indicated that nearly half of the participants (48%) reported a cheerful and energetic temperament, followed by melancholic (28%) and calm (20%) profiles. Logistic regression analysis showed that emotional status was not a statistically significant predictor of perceived healthy nutrition ($p = 0.349$), although a positive trend was observed (OR = 1.385), suggesting that individuals with more positive emotional profiles may be more likely to perceive themselves as healthy. None of the independent variables were significant predictors of perceived healthy nutrition ($p > 0.05$). However, the direction of associations suggested that physical activity (OR = 1.49) and water intake (OR = 1.33) were associated with increased likelihood of perceiving oneself as healthy, whereas alcohol consumption showed a negative association (OR = 0.13). The model correctly classified 64% of cases, indicating moderate predictive performance.

The findings demonstrate substantial variability in nutritional habits, lifestyle behaviors, and emotional characteristics, supporting the relevance of temperament based frameworks in understanding individual health differences. The coexistence of unhealthy behaviors with positive self-perception highlights a critical gap between subjective and objective health assessments. This study presents an AI-powered model that offers a novel holistic approach to developing personalized health and nutrition strategies by combining traditional humoral concepts with modern data-driven systems. However, given the limited sample size of this preliminary study, larger-scale research is needed to validate these findings and improve the model's applicability in digital health.

Keywords: Humoral Theory, Artificial Intelligence, Digital Health, Nutrition, Temperament, Personalized Medicine

DİJİTAL BAHAR TEMİZLİĞİ: DİJİTAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SİBER HİJYEN EKSENİNDE DİJİTAL ATIK AZALTIMI İLE VERİ MİNİMİZASYONU İÇİN BÜTÜNCÜL BİR FARKINDALIK MODELİ

DIGITAL SPRING CLEANING: A HOLISTIC AWARENESS MODEL FOR DIGITAL WASTE REDUCTION AND DATA MINIMIZATION WITHIN THE AXIS OF DIGITAL SUSTAINABILITY AND CYBER HYGIENE

Öğr. Gör. Melik Can KARABULAK[1]
Öğr. Gör. Mehmet EL[2]
Prof. Dr. Ebubekir Koçak[3]

Özet

Dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte bireyler ve kurumlar, çoğu zaman farkında olmadan büyük miktarda gereksiz dijital veri üretmekte, depolamakta ve böylece dijital iz yoğunluklarını artırmaktadır. Kullanılmayan e-postalar, yinelenen görseller, eski sürüm dosyaları, geçici belgeler ve kontrolsüz bulut yedekleri yalnızca depolama yükü oluşturmamakta; aynı zamanda enerji tüketimini artırmakta, dijital sürdürülebilirliği zayıflatmakta ve bilgi güvenliği açısından yeni risk alanları doğurmaktadır. Bu çalışmanın konusu, dijital atığın çevresel, operasyonel ve güvenlik boyutlarıyla birlikte ele alınması; amacı ise dijital sürdürülebilirlik ekseninde veri minimizasyonunu teşvik eden ve siber hijyen davranışlarını güçlendiren bütüncül bir farkındalık modeli önermektir. Çalışmanın temel problemi, dijital temizlik uygulamalarının çoğu zaman bireysel düzenleme alışkanlığı düzeyinde kalması ve ölçülebilir, izlenebilir, kurumsallaştırılabilir bir çerçeveye yeterince dönüştürülememesidir. Bu doğrultuda çalışmada, literatürdeki dijital sürdürülebilirlik, Yeşil BT, veri minimizasyonu ve siber hijyen yaklaşımlarından hareketle kavramsal bir model geliştirilmesi benimsenmiştir. Önerilen "Dijital Bahar Temizliği" modeli; dijital atık türlerinin sınıflandırılması, farkındalık eğitimi, rehberli dijital temizlik uygulamaları, silinen veri miktarının kategori bazlı kaydı, dijital iz yoğunluğunun görünür hâle getirilmesi, çevresel etkinin tahmini olarak hesaplanması ve sonuçların izlenebilir biçimde raporlanması bileşenlerinden oluşmaktadır. Model aynı zamanda "az veri, çok güvenlik" yaklaşımı doğrultusunda gereksiz verinin yalnızca depolama sorunu olmadığını; yönetimsel, güvenliksel, mahremiyetle ilişkili ve sürdürülebilirlik boyutu bulunan bir yük olduğunu vurgulamaktadır. Çalışmadan beklenen bulgular; dijital atık farkındalığının artması, gereksiz veri birikiminin azaltılması, kullanıcıların dijital izlerini daha görünür biçimde değerlendirebilmesi ve siber hijyen uygulamalarına yönelik davranışsal eğilimin güçlenmesidir. Bu yönüyle çalışma, farklı kurumlar ve kullanıcı grupları için uyarlanabilir, ölçülebilir ve geliştirilebilir bir dönüşüm çerçevesi sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca modelin, dijital temizlik sonuçlarını görünür kılan raporlama yapısı sayesinde kurumsal farkındalık çalışmalarına, eğitim ortamlarına ve sürdürülebilir dijital dönüşüm politikalarına veri temelli katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital sürdürülebilirlik, dijital atık, veri minimizasyonu, siber hijyen, Yeşil BT

[1] İstanbul Esenyurt Üniversitesi, melikcankarabulak@esenyurt.edu.tr
[2] İstanbul Esenyurt Üniversitesi, mehmetel@esenyurt.edu.tr
[3] İstanbul Esenyurt Üniversitesi, ebubekirkocak@esenyurt.edu.tr

Abstract

As digitalization accelerates, individuals and institutions increasingly generate and store large amounts of unnecessary digital data, often without realizing the expansion of their digital footprint intensity. Unused emails, duplicated images, outdated file versions, temporary documents, and uncontrolled cloud backups do not merely create a storage burden; they also increase energy consumption, weaken digital sustainability, and introduce additional information security risks. The subject of this study is the evaluation of digital waste together with its environmental, operational, and security-related dimensions, while its main aim is to propose a holistic awareness model that promotes data minimization and strengthens cyber hygiene behaviors within the framework of digital sustainability. The main problem addressed by the study is that digital cleaning practices usually remain at the level of individual organization habits and are not sufficiently transformed into a measurable, traceable, and institutionalizable framework. For this reason, the study adopts a conceptual model development approach based on the literature on digital sustainability, Green IT, data minimization, and cyber hygiene. The proposed model, called “Digital Spring Cleaning,” consists of the classification of digital waste types, awareness training, guided digital cleaning practices, category-based recording of deleted data, visualization of digital footprint intensity, estimated calculation of environmental impact, and traceable reporting of outcomes. In line with the principle of “less data, more security,” the model emphasizes that unnecessary data is not merely a storage problem, but also a managerial, security-related, privacy-related, and sustainability-related burden. The expected findings of the study include increased awareness of digital waste, reduction of unnecessary data accumulation, improved visibility of users’ digital footprint, and stronger behavioral tendencies toward cyber hygiene practices. In this respect, the study aims to offer an adaptable, measurable, and improvable transformation framework for different institutions and user groups. In addition, the reporting structure embedded in the model is expected to provide data-driven support for institutional awareness initiatives, educational environments, and sustainable digital transformation policies.

Keywords: Digital sustainability, digital waste, data minimization, cyber hygiene, Green IT

ADLİ BİLİMLERDE DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİLERİ: OLAY YERİ DOKÜMANTASYONUNDA YENİ BİR PARADİGMA

DIGITAL TWIN TECHNOLOGIES IN FORENSICS: A NEW PARADIGM IN CRIME SCENE DOCUMENTATION

Dr. Öğr. Üyesi Zafer BOZYER[1]

Özet

Olay yerinin dokümantasyonu, adli soruşturma süreçlerinin en kritik aşamalarından biridir. Toplanan delillerin ve elde edilen kayıtların bütünlüğü ve doğruluğu yargılama sürecinin adil ve güvenilir bir şekilde yürütülmesi için elzemdir. Bununla birlikte fotoğraflama ve ölçekli kroki çizimi gibi yerleşik delil toplama yöntemlerinin delillerin mekânsal bağlamını yeterince yansıtamadığı bilinmektedir. Bu durum, olay yeri verilerinin kapsamlı analizini ve delillerin eksiksiz bir şekilde toplanmasını zaman zaman güçleştirebilmektedir. Söz konusu sınırlılıklardan hareketle bu çalışmada Gauss Sıçratma (Gaussian Splatting-3DGS) algoritmalarının ve bu algoritmalarla üretilen dijital ikizlerin (digital twin) adli bilimler pratiğine entegrasyonu sistematik biçimde incelenmiştir. Bu doğrultuda 3DGS algoritmalarının hassasiyet düzeyini ve görsel doğruluğunu somutlaştırmak amacıyla örnek bir potansiyel dış mekân ve iç mekân taraması gerçekleştirilmiş; elde edilen görsel dijital ikizler üzerinden yöntemin olay yeri dokümantasyonundaki kapasitesi değerlendirilmiştir.

Geleneksel fotogrametri ve LiDAR tabanlı yaklaşımlarla kıyaslandığında 3DGS; işlem süresi, görsel doğruluk ve çıktı çözünürlüğü bakımından belirgin üstünlükler sergilemektedir. Bu yöntem, araştırmacıların olay yerinin ölçümsel açıdan hassas, sürükleyici ve etkileşimli mekânsal modellerini hızla oluşturmasına imkân tanıyarak fiziksel delillerin dijital ortamda kalıcı olarak muhafaza edilmesini sağlama potansiyeline sahiptir. Bu yöntemler ile üretilen görsel dijital ikizler aracılığıyla olay yerinin dinamik ve sorgulanabilir bir temsili yaratılabilmektedir. Suç aletlerinin konumları, kan sıçrama örüntüleri ve iz delil dağılım haritaları gibi verilerin, çok boyutlu bir ekosistem içinde katmanlı biçimde modellenmesi mümkündür. Böylece oluşturulan çok boyutlu delil ekosistemi; uzaktan uzman danışmanlığını, farklı zaman dilimlerine ait olay yerlerinin karşılaştırmalı analizini ve yargı süreçlerinde etkileşimli delil sunumunu mümkün kılmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar ve mevcut teknolojinin ulaştığı düzey bir bütün olarak değerlendirildiğinde, 3DGS tabanlı dijital ikiz uygulamalarının adli dokümantasyonda köklü bir paradigma dönüşümüne zemin hazırlayabileceği ve yakın gelecekte adli süreçlerin ayrılmaz bir bileşeni hâline gelme potansiyeli taşıdığı anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gauss Sıçratma, Dijital İkiz, Adli Bilimler, Delil Dijitalleştirme, Delil Güvenliği

[1] İskenderun Teknik Üniversitesi, zafer.bozyer@iste.edu.tr

Abstract

Crime scene documentation is one of the most critical stages of criminal investigations. The integrity and accuracy of the collected evidence and resulting records are essential for ensuring that the judicial process is conducted fairly and reliably. However, it is well known that established evidence-collection methods, such as photography and the creation of scaled sketches, often fail to adequately capture the spatial context of the evidence. This situation can sometimes make it difficult to conduct a comprehensive analysis of crime scene data and to collect evidence in a complete manner. Based on these limitations, this study systematically examines the integration of Gaussian Splatting (3DGS) algorithms and the digital twins generated by these algorithms into forensic science practice. In this context, a sample outdoor and indoor scan was conducted to demonstrate the accuracy level and visual fidelity of 3DGS algorithms; the method's capacity for crime scene documentation was evaluated using the resulting visual digital twins.

Compared to traditional photogrammetry and LiDAR-based approaches, 3DGS demonstrates significant advantages in terms of processing time, visual accuracy, and output resolution. This method enables researchers to rapidly create precise, immersive, and interactive spatial models of crime scenes, thereby offering the potential to permanently preserve physical evidence in a digital environment. Through the visual digital twins generated by these methods, a dynamic and queryable representation of the crime scene can be created. Data such as the locations of weapons, blood spatter patterns, and distribution maps of trace evidence can be modelled in a layered manner within a multidimensional ecosystem. The resulting multidimensional evidence ecosystem facilitates remote expert consultation, comparative analysis of crime scenes from different time periods, and interactive evidence presentation during judicial proceedings. When the studies in the literature and the current level of technology are evaluated as a whole, it is understood that 3DGS-based digital twin applications could represent a paradigm shift in forensic documentation and have the potential to become an integral component of forensic processes in the near future.

Keywords: Gaussian Splatting, Digital Twin, Forensic Science, Evidence Digitization, Evidence Security

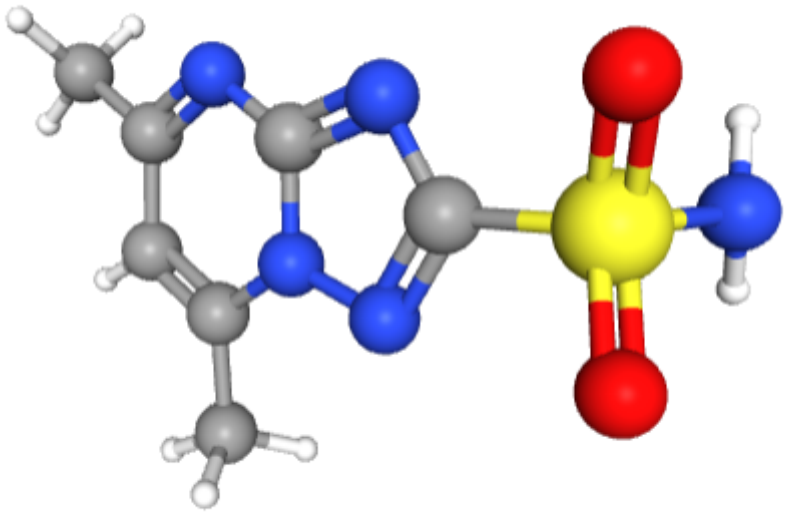
KARBONIK ANHIDRAZ II'YI HEDEFLEYEN BIR TRIAZOLOPIRIMIDIN SÜLFONAMIDIN DFT TABANLI YAPISAL VE MOLEKÜLER KENETLENME ANALIZI

DFT-BASED STRUCTURAL AND MOLECULAR DOCKING ANALYSIS OF A TRIAZOLOPYRIMIDINE SULFONAMIDE TARGETING CARBONIC ANHYDRASE II

Yusuf SERT[1]

Özet

Bu çalışmada, 5,7-Dimetil[1,2,4]triazolo[1,5-a]pirimidin-2-sülfonamid molekülünün yapısal, elektronik ve biyolojik etkileşim potansiyeli hesaplamalı yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Molekülün en kararlı geometrisi, yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) kapsamında B3LYP fonksiyoneli ve 6-311++G(d,p) baz seti kullanılarak gaz fazında optimize edilmiştir (Şekil 1). Kuantum kimyasal hesaplamalar Gaussian 09W ve GaussView 5.0 programları ile gerçekleştirilmiştir. Optimize edilen yapı üzerinden molekülün elektronik özellikleri değerlendirilmiş ve potansiyel biyolojik hedefler SwissTargetPrediction platformu aracılığıyla belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, molekül için en olası biyolojik hedefin Karbonik anhidraz II (PDB: 12CA) olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, ilgili ligand ile hedef protein arasındaki etkileşimler moleküler kenetlenme yöntemi ile incelenmiştir. Docking çalışmaları AutoDock programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda, molekülün aktif bölge ile hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimler yoluyla kararlı kompleks oluşturabildiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, 5,7-dimetil[1,2,4]triazolo[1,5-a]pirimidin-2-sülfonamid bileşiğinin karbonik anhidraz inhibitörü olarak potansiyel bir aday olabileceğini göstermekte ve bu tür heterosiklik yapıların ilaç tasarımı çalışmalarında değerlendirilebileceğine işaret etmektedir.



Şekil 1. Molekülün optimize yapısı.

Anahtar Kelimeler: DFT, SwissTarget, Karbonik Anhidraz II, Moleküler Kenetlenme

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, yusuf.sert@bozok.edu.tr

Abstract

In this study, the structural, electronic, and biological interaction potential of 5,7-dimethyl[1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine-2-sulfonamide was investigated using computational approaches. The molecular geometry was optimized in the gas phase using Density Functional Theory (DFT) at the B3LYP functional level with the 6-311++G(d,p) basis set (Figure 1). All quantum chemical calculations were performed using Gaussian 09W, and molecular visualizations were conducted with GaussView 5.0. Following geometry optimization, the electronic properties of the molecule were analyzed, and potential biological targets were predicted using the SwissTargetPrediction platform. The results indicated that the most probable biological target for the studied compound is Carbonic anhydrase II (PDB: 12CA), a key enzyme involved in various physiological processes. Based on this prediction, molecular docking studies were performed to investigate the interaction between the ligand and the target protein. Docking simulations were carried out using AutoDock. The results revealed that the molecule binds effectively within the active site of the enzyme, forming stable interactions through hydrogen bonding and hydrophobic contacts. Overall, the findings suggest that 5,7-dimethyl[1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine-2-sulfonamide exhibits promising inhibitory potential against carbonic anhydrase II. This study highlights the importance of integrating quantum chemical calculations and molecular docking analyses in the rational design of biologically active heterocyclic compounds and provides a theoretical basis for future experimental investigations.

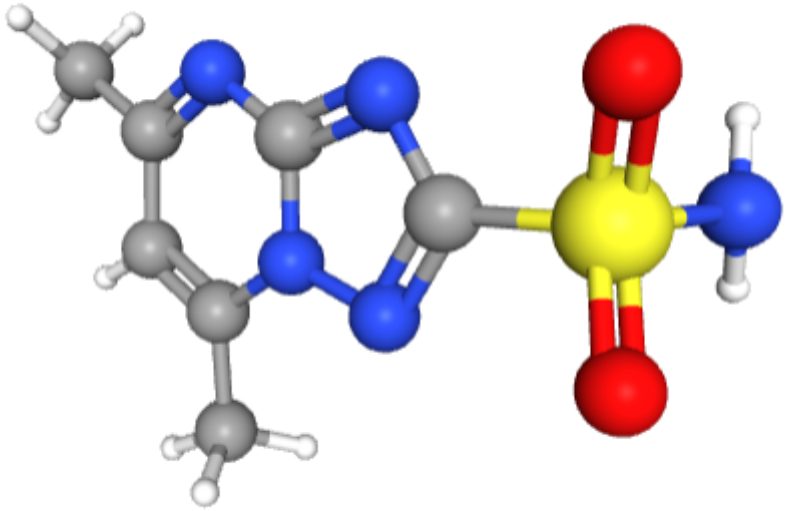


Figure 1. The optimized structure of title molecule.

Keywords: DFT, SwissTarget, Carbonic anhydrase II, Molecular Docking

Z KUŞAĞI TÜKETİCİLERİ İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR TÜKETİM BİLİNCİ: SOSYAL MEDYANIN ROLÜ VE ETKİLERİ

SUSTAINABLE CONSUMPTION AWARENESS FOR GENERATION Z CONSUMERS: THE ROLE AND IMPACTS OF SOCIAL MEDIA

Öğr. Gör. Alperen Timuçin SÖNMEZ[1]

Özet

Bu araştırma, Z Kuşağı'nın sosyal medya kullanımı ve karşılaştıkları içeriklerin onların sorumlu tüketim davranışları üzerindeki etkisini derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Dijital çağın içine doğmuş bu nesil, sürdürülebilirlik ve etik değerlere diğer kuşaklara kıyasla daha fazla önem vermekte, sosyal medya platformları ise bu ilgiyi pekiştiren bir mecra olarak öne çıkmaktadır. Çalışmanın temel amacı, Z Kuşağı'nın sosyal medya kullanım sıklığı, maruz kaldıkları içerik türleri ve etkileyici pazarlama stratejilerinin, onların sorumlu tüketim eğilimlerini nasıl şekillendirdiğini kavramsal ve metodolojik olarak analiz etmektir.

Bu kapsamda, nicel veri toplama yöntemlerinden anket tekniği kullanılacaktır. Anket soruları, Zaichkowsky'nin (1994) ilgilenim envanteri ölçeğine dayandırılarak Z Kuşağı'nın sorumlu tüketim, ekolojik ürün ve sürdürülebilirlik konularına yönelik ilgisini ölçmeyi hedefleyecektir. Ayrıca, sosyal medya kullanım sıklığını haftalık ve günlük metriklerle değerlendiren sorular ile katılımcıların karşılaştıkları sosyal medya içerik türleri Sezer ve Özcan (2020) tarafından sınıflandırılmış kategorilerle analiz edilecektir. Bu yolla, sosyal medya içeriklerinin sorumlu tüketim davranışlarına olan etkisi derinlemesine incelenecektir. Çalışma bulgularının, sosyal medya politikalarına katkı sağlarken işletmelere sürdürülebilirlik odaklı pazarlama stratejileri geliştirmede rehberlik etmesi hedeflenmektedir.

Bu araştırma, sosyal medya aracılığıyla sorumlu tüketim bilinci oluşturma potansiyelini incelemesi bakımından literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Araştırma sonucunda elde edilen bulguların, Z Kuşağı'nın sosyal medya aracılığıyla sürdürülebilir tüketim bilincini güçlendirme stratejilerine katkıda bulunması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Z Kuşağı, Sorumlu Tüketim, Sosyal Medya, Sürdürülebilirlik, Etkileyici Pazarlama

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, a.timucin.sonmez@yobu.edu.tr

Abstract

This study aims to examine in depth the effects of Generation Z's social media use and the content they encounter on their responsible consumption behaviours. Having grown up in the digital age, members of this generation tend to attach greater importance to sustainability and ethical values than previous generations, while social media platforms have emerged as influential channels that reinforce this interest. The primary purpose of the study is to analyse, from both conceptual and methodological perspectives, how the frequency of social media use, the types of content encountered, and influencer marketing strategies shape Generation Z's tendencies towards responsible consumption.

Within this framework, a survey will be employed as a quantitative data collection method. The survey items will be developed on the basis of Zaichkowsky's (1994) Personal Involvement Inventory in order to measure Generation Z's level of involvement in responsible consumption, ecological products, and sustainability-related issues. In addition, questions assessing the frequency of social media use through daily and weekly metrics will be included, while the types of social media content encountered by participants will be analysed using the categories classified by Sezer and Özcan (2020). Through this approach, the effects of social media content on responsible consumption behaviours will be examined comprehensively. The findings are expected to contribute to the development of social media policies and to provide guidance for businesses in designing sustainability-oriented marketing strategies.

By examining the potential of social media to foster awareness of responsible consumption, this study seeks to address a gap in the existing literature. The findings are also expected to contribute to the development of strategies aimed at strengthening Generation Z's awareness of sustainable consumption through social media.

Keywords: Generation Z, Responsible Consumption, Social Media, Sustainability, Influencer Marketing

KÜLTÜREL MİRASIN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TASARIM SÜREÇLERİYLE DERİ SANATINA AKTARILMASI

TRANSFERRING CULTURAL HERITAGE TO LEATHER ART THROUGH AI-SUPPORTED DESIGN PROCESSES

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KARTAL[1]

Özet

Geleneksel el sanatları, toplumların kültürel kimliğini yansıtan ve kuşaktan kuşağa aktarılan önemli üretim alanları arasında yer almaktadır. Günümüzde dijital teknolojilerin hızlı gelişimi, tasarım süreçlerinin yeniden değerlendirilmesini ve geleneksel sanatların çağdaş yöntemlerle ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ destekli görsel üretim araçları, sanat ve tasarım alanında yeni yaratıcı olanaklar sunarak kültürel miras unsurlarının farklı disiplinlerle ilişkilendirilmesine imkân sağlamaktadır. Yerel mimari ve kültürel değerlerin çağdaş tasarım ürünlerine aktarılması, hem kültürel sürekliliğin korunması hem de geleneksel el sanatlarının sürdürülebilirliğinin desteklenmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, kültürel miras unsurlarının yapay zekâ destekli tasarım süreçleri aracılığıyla yeniden yorumlanarak deri sanatına aktarılma potansiyelini incelemektir. Araştırmada Yozgat kentinin kültürel kimliğini temsil eden mimari unsurlar tasarım girdisi olarak ele alınmıştır. Çalışmanın temel problemi, kültürel miras unsurlarının yapay zekâ destekli tasarım araçları kullanılarak stilize edilmesi ve bu tasarımların deri yüzeyde uygulanabilir tasarım ürünlerine dönüştürülmesi olanaklarının incelenmesidir.

Araştırmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve tasarım temelli bir yöntem izlenmiştir. İlk aşamada Yozgat'a ait mimari kültürel miras unsurları incelenmiş ve bu yapılardan Yozgat Saat Kulesi örnek uygulama çalışması için seçilmiştir. Yapay zekâ destekli görsel üretim araçları kullanılarak söz konusu mimari unsurun stilize tasarım alternatifleri oluşturulmuş, elde edilen tasarımlar arasından deri yüzeyde uygulanabilir nitelikte olanlar belirlenmiştir.

Uygulama aşamasında Yozgat Saat Kulesi motifi, bitkisel tabaklanmış vaketa deri üzerine kabartma ve linol oyma teknikleriyle ayrı ayrı uygulanmış ve örnek bir anahtarlık tasarımı geliştirilmiştir. Bunun yanında Yozgat'ın kültürel mirasını temsil eden Çapanoğlu Camii ve diğer kültürel miras unsurlarından esinlenilerek deri yüzeyde uygulanabilir alternatif tasarım önerileri geliştirilmiştir.

Araştırma sonucunda, yapay zekâ destekli tasarım araçlarının kültürel miras unsurlarının stilize edilmesi ve farklı tasarım alternatiflerinin geliştirilmesi açısından önemli olanaklar sunduğu görülmektedir. Ayrıca bu yaklaşımın, geleneksel deri sanatının çağdaş tasarım yöntemleriyle yeniden yorumlanmasına katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kültürel Miras, Geleneksel Türk Sanatları, Deri Sanatı, Yapay Zekâ, Tasarım

[1] Kastamonu Üniversitesi, mkartal@kastamonu.edu.tr

Abstract

Traditional handicrafts constitute significant fields of production that reflect the cultural identity of societies and are transmitted from generation to generation. Today, the rapid development of digital technologies necessitates the reconsideration of design processes and the reinterpretation of traditional arts through contemporary methods. In this context, artificial intelligence-supported visual production tools offer new creative possibilities in the fields of art and design and enable cultural heritage elements to be associated with different disciplines. The transfer of local architectural and cultural values into contemporary design products is important both for preserving cultural continuity and for supporting the sustainability of traditional handicrafts.

The aim of this study is to examine the potential of transferring cultural heritage elements to leather art by reinterpreting them through artificial intelligence-supported design processes. In the research, architectural elements representing the cultural identity of the city of Yozgat were considered as design inputs. The main problem of the study is to investigate the possibilities of stylizing cultural heritage elements through artificial intelligence-supported design tools and transforming these designs into applicable design products on leather surfaces.

A qualitative research approach was adopted in the study and a design-based method was followed. In the first stage, architectural cultural heritage elements belonging to Yozgat were examined and the Yozgat Clock Tower was selected as the example for the application study. Stylized design alternatives of the architectural element were created using artificial intelligence-supported visual production tools, and the designs suitable for application on leather surfaces were determined.

During the application stage, the motif of the Yozgat Clock Tower was applied separately on vegetable-tanned leather using embossing and linoleum carving techniques, and a sample keychain design was developed. In addition, alternative design proposals that can be applied on leather surfaces were developed inspired by Çapanoğlu Mosque and other cultural heritage elements representing the cultural heritage of Yozgat.

As a result of the research, it has been observed that artificial intelligence-supported design tools provide significant opportunities for the stylization of cultural heritage elements and the development of different design alternatives. Furthermore, this approach is considered to contribute to the reinterpretation of traditional leather art through contemporary design methods.

Keywords: Cultural Heritage, Traditional Turkish Arts, Leather Art, Artificial Intelligence, Design

GRAFEN ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR YÜZEYİN DE PH KONTROLLÜ HİDROTERMAL ZNO NANOPARÇACIK OLUŞUMUNUN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

COMPARATIVE INVESTIGATION OF pH-CONTROLLED HYDROTHERMAL ZnO NANOPARTICLE FORMATION ON GRAPHENE FIELD-EFFECT TRANSISTOR SURFACES

Dr. Öğr. Üyesi Merve EREN YAKIŞIKLIER[1]

Özet

Grafen alan etkili transistörler (GFET), yüksek taşıyıcı hareketliliği ve yüzey duyarlılığı sayesinde sensör uygulamaları için önemli bir platform oluşturmaktadır. Bu çalışmada, GFET yüzeyi üzerinde ZnO nanoyapıların oluşumu hidrotermal yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiş ve çözelti pH'ının bu oluşum üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar asidik (pH 1, 3 ve 5) ve bazik (pH 9, 11 ve 13) koşullar altında yürütülmüştür. Elde edilen yapıların morfolojik özellikleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, çözelti pH'ının ZnO nanoyapıların yoğunluğu ve yüzey dağılımı üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Asidik koşullarda ZnO oluşumu sınırlı kalırken, bazik ortamda nanoyapı oluşumunun daha belirgin ve yoğun olduğu gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, GFET tabanlı sensörlerde yüzey mühendisliği ve performans optimizasyonu açısından pH kontrolünün önemli bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Grafen, Çinko Oksit, Alan Etkili Transistör, Hydrothermal Yöntem, pH Etkisi

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, merve.eren@bozok.edu.tr

Abstract

Graphene field-effect transistors (GFETs) provide an important platform for sensor applications due to their high carrier mobility and surface sensitivity. In this study, the formation of ZnO nanostructures on the GFET surface was achieved using a hydrothermal method, and the effect of solution pH on this formation was investigated. Experimental studies were carried out under acidic (pH 1, 3, and 5) and basic (pH 9, 11, and 13) conditions. The morphological properties of the obtained structures were analyzed using scanning electron microscopy (SEM). The results indicate that the solution pH plays a decisive role in the density and surface distribution of ZnO nanostructures. While ZnO formation remains limited under acidic conditions, nanostructure formation is more pronounced and dense in basic environments. The findings reveal that pH control is an important parameter for surface engineering and performance optimization in GFET-based sensors.

Keywords: Graphene, Zinc Oxide, Field-Effect Transistor, Hydrothermal Method, pH Effect

DİJİTAL PLATFORMLARIN MÜZİK ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR İNCELEME
A REVIEW OF MUSIC PRODUCTION ON DIGITAL PLATFORMS

Prof. Dr. Sıtkı AKARSU[1]

Özet

Günümüzde yapay zekânın olmadığı, kullanılmadığı bir alan veya sektör, neredeyse yoktur. Zamanın hızlı akmasından yakınan insanoğlu, günlük hayatının her anını, aslında kendisi hızlandırmak istemekte ve yapacağı bütün işleri hızlı, aynı zamanda pratik bir şekilde çözme yollarını aramaktadır. Bu sadece kendi tercihi değildir elbette. Dünyadaki yaşam biçimi de bu süratli hayat tarzına bir şekilde itmektedir.

Her alanda olduğu gibi müzik alanında da artık yapay zeka üretimleri ile karşı karşıya gelmiş durumdayız. Hızlı ve pratik çözümlerde inanılmaz bir veri sunan, manuel ortamda 3 aylık bir iş yükünü saniyelere indirgeyen bu yapı, şaşırttığı, memnun ettiği kadar da gerçekten korkutmaktadır. Birilerinin işini alıp yok etmenin çok ötesinde, verilen kültürel değerler mücadelesinde ne gibi bir katkısı veya zararı olacağı yine muğlak olarak insanları düşündürmektedir. Müzikte en zor alan denilebilecek olan kompozitörlük (bestecilik) sahasında çok kaliteli eserleri (var olanların milyonlarca kombinasyonundan doğan) yine saniyeler içerisinde size sunmaktadır. Bu durum, emperyalizm rüzgarından hiç kopamamış ve tek gayesi daha çok kazanmak olan medya ve ticaret sektörünün iştahını oldukça kabartmaktadır. Çünkü artık reklamlarında, çok az paraya, çok kısa zamanda, çok kaliteli olan ürünleri elde edebildiklerini artık biliyorlar. Bu tespit kime kazandırır, kime kaybettirir, zaman gösterecek.

Medya ve reklam sektöründe üretilen bazı yapay zeka müzik ürünlerini incelediğinizde, üretilen bazı örneklerle bir analiz yaptığınızda, hatalı ürünler de vermesine rağmen, yapay zeka kısa sürede birçok enstürman ile mevcut melodilerin farklı kombinasyonunu oluşturarak yeni bir melodiye dönüştürmektedir. Vokal olarak, neredeyse birbirine çok yakın sesleri (iki cinsiyete ait) kullandığı düşünülmektedir. Bunun nedeni de tabiki telif konusunda bir problemin oluşmasına imkân vermemektir. Bu yasal paravanın arkasındaki sektör sayesinde, alış veriş merkezlerinde, büyük marketlerde ve bunun gibi ticari sahalarda maliyetsiz ortaya çıkan, yapay zeka ürünleri olan şarkılar kullanılmakta. Bu durum müzik sektörünün her bireyini etkisi altına almıştır. Bazı sektör çalışanları bu yönde attığı adımlarla ticari hayatını ve yaşam koşullarını sürdürürken, bazıları da maalesef mesleki sonlarını yaşamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Müzik, Medya, Reklam, Bestecilik.

[1] Kastamonu Üniversitesi, sakarsu@kastamonu.edu.tr

Abstract

Today, there is virtually no field or sector where artificial intelligence (AI) is absent or unutilized. Humanity, while frequently lamenting the rapid passage of time, paradoxically seeks to accelerate every moment of daily life, actively pursuing methods to execute tasks both rapidly and practically. This trend is not merely a matter of individual preference; rather, contemporary global lifestyles inevitably compel individuals toward this accelerated pace of existence. As in all domains, the field of music is now increasingly confronted with AI-generated outputs. This infrastructure, which provides an immense volume of data for rapid and practical solutions-thereby reducing a manual workload of three months into a matter of seconds-evokes profound apprehension just as much as it astonishes and gratifies. Moving far beyond the mere displacement of employment, it preoccupies human thought regarding its ambiguous contributions or detriments to the ongoing preservation of cultural values. AI is capable of generating high-quality compositions within seconds in the field of music composition-arguably the most challenging discipline in music-by leveraging millions of combinations of existing data. This capacity significantly stimulates the interest of the media and commercial sectors, which remain deeply intertwined with imperialistic dynamics and driven primarily by profit maximization. These industries are now acutely aware that they can acquire high-quality products for their advertisements at minimal cost and within remarkably short timeframes. Time will reveal who stands to benefit and who stands to lose from this phenomenon. An examination and analysis of certain AI-generated musical products within the media and advertising sectors demonstrate that despite occasionally producing flawed outputs, AI can rapidly synthesize existing melodies into various multi-instrumental combinations to create novel melodic structures. Regarding vocal production, it is observed that AI utilizes highly similar vocal profiles for both genders. The underlying objective of this practice is, inherently, to circumvent potential copyright infringements. Facilitated by the industry operating behind this legal shield, AI-generated, cost-free musical pieces are extensively utilized in commercial spaces such as shopping malls and supermarkets. This situation has profoundly impacted every stakeholder within the music industry. While some industry professionals sustain their commercial operations and livelihoods by adapting to these advancements, others, unfortunately, face the obsolescence of their professions.

Keywords: Artificial Intelligence, Music, Media, Advertising, Composition

DİJİTAL TÜKETİCİ DAVRANIŞLARINI ANLAMAK: MÜŞTERİNİN DİJİTAL İKİZİ (DToC) VE UYGULAMALARI

UNDERSTANDING DIGITAL CONSUMER BEHAVIOR: DIGITAL TWIN OF A CUSTOMER (DToC) AND ITS APPLICATIONS

Dr. Öğr. Üyesi Pınar HACIHASANOĞLU [1]

Özet

Pazarlar giderek dijitalleşirken, tüketici davranışının duygusal ve bilişsel etkenlerini anlamak, duyarlı ve hedefli pazarlama stratejileri geliştirmek için önemlidir. Geleneksel pazarlama, tüketiciyi belirli demografik gruplara ayıran daha geleneksel yöntemlerle bölümlendirmektedir. Ancak günümüzün hızla dijitalleşen pazar yapısında tüketici davranışları anlık olarak değişmekte ve geleneksel yöntemler kişiye özel deneyim sunmada yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada müşterinin dijital ikizi (Digital Twin of a Customer- DToC) kavramı ve uygulama alanları incelenmektedir. Müşterinin dijital ikizi; bireyin satın alma geçmişi, gerçek zamanlı davranışsal verileri, sosyal medya etkileşimleri ve psikografik özelliklerinin yapay zekâ destekli bir simülasyon modelinde birleşmesidir. Üretim ve sağlık hizmetlerinde ilk benimsenmelerinin ardından, dijital ikiz kavramları giderek pazarlamada müşteri odaklı uygulamalara doğru evrilmiştir. Bu bağlamda, DToC'ler giderek bireyin davranışına ve tercihlerine göre uyarlanabilen son derece kişiselleştirilmiş pazarlama kampanyalarını desteklemek üzere tasarlanmaktadır. DToC, bir müşterinin gerçek zamanlı verilerinden beslenen, onun davranışlarını, tercihlerini ve gelecekteki olası tepkilerini simüle eden sanal bir modeldir. Dijital ikizler; hiper-kişiselleştirme ile tüketicilerin mevcut ve geçmiş verilerini kapsamlı bir şekilde analiz ederek her bireye özgü trendleri ve kalıpları tespit edebilmektedir. Bu sayede markalar, doğru teklifleri doğru kişiye doğru zamanda gönderebilmekte ve artık genel kampanyalar yerine, her müşterinin davranış geçmişine göre özelleştirilmiş deneyimler sunmaktadır. Öngörücü alışveriş deneyimleri ile dijital ikizler, işletmelerin bireysel tüketicilerin dinamik ve hiper-kişiselleştirilmiş modellerini oluşturmasını sağlayarak mevcut davranışlarını, tercihlerini ve etkileşimlerini yansıtmakta ve bir e-ticaret sitesi, müşterisinin bir sonraki satın alacağı ürünü tahmin edip bunu müşteri aramadan önce önerebilmektedir. Yine dijital ikizler sepet terk etme sorununa çözüm olarak, müşterilerin alışveriş yolculuğunda tam olarak hangi noktada vazgeçtiğini tespit edebilmektedir. Örneğin, ödeme sayfasının çok karmaşık olduğunu dijital ikiz analizi ortaya koymakta ve işletme bu bilgiyle süreci basitleştirerek dönüşüm oranlarını artırabilmektedir. Dijital ikizler arama ve keşif alışkanlıklarının dönüşümü ile tüketicilerin ürün arama ve keşfetme şeklini de değiştirmektedir. Perakendeciler, dijital ikizlerle mağaza konfigürasyonlarındaki değişiklikleri test edebilmekte ve ürün yerleşimlerini optimize edebilmektedir. Sanal mağaza ortamlarında, hangi ürün yerleşiminin müşteri etkileşimini artırdığı simüle edilebilmektedir. Satın alma kararlarını şekillendirmede dijital ikizlerle işletmeler tüm müşteri yolculuğunu simüle ederek farklı temas noktalarının karar almayı nasıl etkilediğini analiz edebilmektedir. Bu, tüketicileri istenen eylemlere yönlendirmek için stratejik müdahaleler yapılmasına olanak tanımaktadır. Örneğin, bir müşterinin hangi aşamada ek bilgiye ihtiyaç duyduğu tespit edilip, tam o anda otomatik destek sunulabilmektedir.

Özetle dijital ikizler, fiziksel bir tüketicinin sanal kopyasını oluşturarak, kişisel verileri riske atmadan tüketici davranışlarını simüle eder ve hiper-kişiselleştirme çabalarını güçlendirir. Dijital ikizler, tüketicilerin mevcut ve geçmiş verilerini kapsamlı bir şekilde analiz ederek her bireye özgü trendleri ve kalıpları tespit edebilmektedir. Bu sayede markalar, doğru teklifleri doğru kişiye doğru zamanda gönderebilmektedir. Artık genel kampanyalar yerine, her müşterinin davranış geçmişine göre özelleştirilmiş deneyimler sunulmaktadır. Sonuç olarak, müşterinin dijital ikizi teknolojisinin sunduğu imkanlar günümüzün rekabetçi pazarında yalnızca bir avantaj değil, aynı zamanda sürdürülebilir büyümenin temel taşı haline gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tüketicinin Dijital İkizi, Hiper-Kişiselleştirme, Yapay Zekâ

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, pinar.hacihasanoglu@bozok.edu.tr

Abstract

As markets become increasingly digitized, understanding the emotional and cognitive drivers of consumer behavior is vital for developing responsive and targeted marketing strategies. Traditional marketing segments consumers using conventional methods that categorize individuals into specific demographic groups. However, in today's rapidly evolving digital market structure, consumer behaviors change instantaneously, and traditional methods fall short of providing personalized experiences.

This study examines the concept of the Digital Twin of a Customer (DToC) and its application areas. A digital twin of a consumer is the integration of an individual's purchase history, real-time behavioral data, social media interactions, and psychographic characteristics into an AI-powered simulation model. Following their initial adoption in manufacturing and healthcare, digital twin concepts have progressively evolved toward customer-centric applications in marketing. In this context, DToCs are increasingly designed to support highly personalized marketing campaigns that can be tailored to an individual's behavior and preferences. The DToC is a virtual model fed by a customer's real-time data, simulating their behaviors, preferences, and potential future reactions. Through hyper-personalization, digital twins comprehensively analyze current and historical data to identify trends and patterns unique to each individual. This enables brands to deliver the right offers to the right person at the right time; instead of generic campaigns, customized experiences are now provided based on each customer's behavioral history. With predictive shopping experiences, digital twins allow businesses to create dynamic and hyper-personalized models of individual consumers, reflecting their current behaviors, preferences, and interactions. For instance, an e-commerce site can predict a customer's next purchase and suggest it before the customer even searches for it. Furthermore, as a solution to cart abandonment, digital twins can pinpoint exactly where a customer drops out of the shopping journey. For example, digital twin analysis may reveal that a checkout page is too complex; with this insight, a business can simplify the process and increase conversion rates. Digital twins are also transforming search and discovery habits. Retailers can use digital twins to test changes in store configurations and optimize product placements. In virtual store environments, they can simulate which product layouts increase customer engagement. In shaping purchase decisions, businesses can simulate the entire customer journey to analyze how different touchpoints influence decision-making. This allows for strategic interventions to guide consumers toward desired actions. For example, by identifying the stage at which a customer needs additional information, automated support can be offered at that exact moment.

In summary, digital twins create a virtual replica of a physical customer, simulating consumer behavior and enhancing hyper-personalization efforts without compromising personal data. By analyzing comprehensive data, brands can identify individual patterns and transition from mass marketing to tailored experiences. Consequently, the opportunities offered by Digital Twin of a Customer technology have become not just an advantage in today's competitive market, but a cornerstone of sustainable growth.

Keywords: Digital Twin of a Customer (DToC), Hyper-Personalization, Artificial Intelligence (AI)

DİJİTAL ÇAĞDA AVRUPA'NIN İSLAM ALGISI: YAPAY ZEKA, MEDYA VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPLUMSAL UYUM

THE PERCEPTION OF ISLAM IN EUROPE IN THE DIGITAL AGE: ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MEDIA AND SUSTAINABLE SOCIAL COHESION

Dr. Öğr. Üyesi Farida Allahverdiyeva[1]

Özet

Dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmeler, toplumsal algıların oluşumunu ve dolaşımını yeniden şekillendiren başlıca dinamiklerden biri hâline gelmiştir. Avrupa'da İslam algısı ise tarihsel, politik ve kültürel kodlarla biçimlenen ve dijital ortamda yeniden üretilen tartışmalı bir yapı sergilemektedir. Bu çalışma, dijital medya ve yapay zekâ sistemlerinin söz konusu algıyı hangi mekanizmalar üzerinden yeniden inşa ettiğini ve bunun toplumsal uyum üzerindeki etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Araştırmada nitel yöntem benimsenmiş; literatür taraması ve dijital medya söylemleri üzerinden çok boyutlu bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, algoritmik içerik öneri sistemleri, veri temelli hedefleme süreçleri ve yapay zekâ destekli sıralama mekanizmalarının, mevcut önyargıları yeniden üretme ve görünür kılma biçimleri analiz edilmiştir. Ayrıca dijital platformların etkileşim odaklı ekonomik yapılarının, içerik üretimi ve dolaşımı üzerindeki yönlendirici etkisi değerlendirilmiştir.Elde edilen bulgular, dijital medya ekosisteminde İslam'ın çoğunlukla güvenlik, tehdit ve "öteki" söylemi etrafında çerçevelendiğini; bu temsil biçimlerinin ise yalnızca medya aktörlerinin tercihleriyle sınırlı kalmayıp, algoritmik sistemler tarafından görünürlük açısından önceliklendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, kullanıcıların maruz kaldığı içeriklerin çeşitliliğini azaltarak yankı odaları (echo chambers) ve filtre balonları (filter bubbles) oluşturmakta, böylece mevcut önyargıların sorgulanmadan pekişmesine zemin hazırlamaktadır. Özellikle yapay zekâ sistemlerinin geçmiş veri setlerinden öğrenmesi, tarihsel ve kültürel önyargıların dijital ortamda yeniden üretilmesine yol açmakta; bu da nesnellik iddiasındaki teknolojilerin aslında tarafsız olmadığını göstermektedir.

Bu bağlamda, dijital medya ve yapay zeka etkileşiminin yalnızca teknik bir mesele olmadığı, aynı zamanda sosyo-politik sonuçlar doğuran bir güç alanı olduğu görülmektedir. Avrupa toplumlarında bu süreç, kültürel kutuplaşmayı derinleştirmekte, "biz" ve "öteki" ayrımını keskinleştirmekte ve toplumsal güven ilişkilerini zedelemektedir. Uzun vadede ise bu durum, sürdürülebilir toplumsal uyumun önünde önemli bir engel teşkil etmektedir.

Avrupa'da İslam algısı, yalnızca dijital çağın bir ürünü olmayıp, kökleri tarihsel süreçlere uzanan çok katmanlı bir olgudur. Haçlı Seferleri'nden sömürgecilik dönemine, 11 Eylül sonrası güvenlik politikalarından günümüz göç krizlerine kadar uzanan süreçte İslam, çoğu zaman "öteki" olarak konumlandırılmıştır. Bu tarihsel arka plan, dijital medya ve yapay zekâ sistemlerinin beslendiği veri setlerine ve söylem kalıplarına da yansımakta, böylece geçmişten devralınan önyargılar teknolojik araçlar aracılığıyla yeniden üretilmektedir. Özellikle Avrupa'da yükselen popülist söylemler ve sağ politik hareketler, İslam'ı güvenlik ve kimlik tehdidi bağlamında ele alarak bu algının dijital ortamlarda daha da pekişmesine katkı sağlamaktadır. Dolayısıyla günümüzde dijital platformlarda gözlemlenen İslam temsilleri, yalnızca algoritmik tercihlerle değil, aynı zamanda tarihsel, politik ve kültürel sürekliliklerle birlikte değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, daha etik, şeffaf ve hesap verebilir yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi; algoritmik önyargıların tespiti ve azaltılmasına yönelik düzenleyici çerçevelerin oluşturulması; ayrıca medya içeriklerinde çoğulcu ve dengeli temsillerin teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tür yaklaşımlar, yalnızca dijital adaletin sağlanmasına değil, aynı zamanda farklı kültür ve inanç grupları arasında daha kapsayıcı ve sürdürülebilir bir toplumsal uyumun inşa edilmesine katkı sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Medya, Yapay Zeka, İslam Algısı, Avrupa, Toplumsal Uyum

[1] Baki Dovlet Universiteti, faridaallahverdiyeva@gmail.com

Abstract

Digitalization and advancements in artificial intelligence technologies have become key drivers reshaping the formation and circulation of social perceptions. In Europe, the perception of Islam represents a contested construct shaped by historical, political, and cultural codes, which is continuously reproduced within digital environments. This study aims to analyze the mechanisms through which digital media and artificial intelligence systems reconstruct this perception and examine their impact on social cohesion.

A qualitative research design was employed, based on an extensive literature review and a multi-dimensional analysis of digital media discourses. Within this framework, algorithmic content recommendation systems, data-driven targeting processes, and AI-based ranking mechanisms were examined in terms of how they reproduce and reinforce existing biases. Additionally, the influence of engagement-driven economic structures of digital platforms on content production and circulation was evaluated.

The findings indicate that in the digital media ecosystem, Islam is predominantly framed within narratives of security, threat, and "othering." These representations are not solely the result of media actors' choices but are also prioritized by algorithmic systems in terms of visibility. This dynamic reduces the diversity of content exposure, leading to the formation of echo chambers and filter bubbles, thereby reinforcing existing biases without critical reflection. Furthermore, the reliance of AI systems on historical datasets contributes to the reproduction of long-standing cultural and historical prejudices in digital environments, challenging the assumption of technological neutrality.

In this context, the interaction between digital media and artificial intelligence is not merely a technical issue but also a power domain that generates significant socio-political consequences. In European societies, this process deepens cultural polarization, sharpens the distinction between "us" and "the other," and undermines social trust relations. In the long term, this situation constitutes a major obstacle to sustainable social cohesion.

The perception of Islam in Europe is not solely a product of the digital age but a multi-layered phenomenon rooted in historical processes. From the Crusades to the colonial period, from post-9/11 security policies to contemporary migration crises, Islam has frequently been positioned as "the other." This historical background is also reflected in the datasets and discursive patterns that feed digital media and artificial intelligence systems, leading to the reproduction of inherited prejudices through technological tools. In particular, the rise of populist discourses and right-wing political movements in Europe contributes to the reinforcement of this perception in digital environments by framing Islam within security and identity threat narratives. Therefore, contemporary representations of Islam in digital platforms should be evaluated not only through algorithmic preferences but also within historical, political, and cultural continuities.

In conclusion, the development of more ethical, transparent, and accountable artificial intelligence systems; the establishment of regulatory frameworks for detecting and mitigating algorithmic bias; and the promotion of pluralistic and balanced representations in media content are of critical importance. Such approaches contribute not only to digital justice but also to the construction of a more inclusive and sustainable social cohesion among different cultural and religious groups.

Keywords: Digital Media, Artificial Intelligence, Perception of Islam, Europe, Social Cohesion

UZAKTAN SAĞLIK HİZMETLERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK TUTUMLARIN İNCELENMESİ: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİ[1]

ATTITUDES TOWARD THE USE OF REMOTE HEALTHCARE SERVICES: THE CASE OF YOZGAT PROVINCE

Şevval KAPDAN[2]
Tuğba KIZILTAŞ[3]
Doç. Dr. Ayhan DURMUŞ[4]

Özet

Bu çalışmanın amacı, Yozgat ilinde ikamet eden bireylerin uzaktan sağlık hizmetlerinin kullanımına yönelik tutumlarını nicel verilerle incelemek ve bu tutumların sosyo-demografik değişkenler ile sağlık hizmeti kullanım özellikleri açısından farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya koymaktır. Araştırma, nicel araştırma desenlerinden betimsel model kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmanın evrenini Yozgat ilinde yaşayan 18 yaş ve üzeri bireyler oluşturmakta olup, tesadüfi örnekleme yöntemiyle 524 katılımcıya ulaşılmıştır. Veriler, 2 Haziran – 3 Ağustos 2025 tarihleri arasında yüz yüze anket yöntemiyle toplanmıştır. Veri toplama aracı olarak iki bölümden oluşan anket formu kullanılmıştır. İlk bölümde sosyo-demografik özellikler ve sağlık hizmeti kullanımına ilişkin sorular, ikinci bölümde ise 18 maddelik "Uzaktan Sağlık Hizmetlerinin Kullanılmasına Yönelik Tutum Ölçeği" yer almaktadır. Veriler SPSS programı aracılığıyla analiz edilmiş; tanımlayıcı istatistikler, doğrulayıcı faktör analizi, güvenilirlik analizi, bağımsız örneklem t testi ve tek yönlü ANOVA testleri uygulanmıştır. Araştırma bulgularına göre katılımcıların uzaktan sağlık hizmetlerine yönelik tutum düzeylerinin orta düzeyde olumlu olduğu belirlenmiştir (ort.=2,88±0,90; toplam puan=51,87). Ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğu (Cronbach's Alpha=0,949) tespit edilmiştir. Analizler sonucunda; cinsiyet, yaş, eğitim durumu ve kronik hastalık varlığı gibi değişkenler açısından anlamlı farklılık bulunmazken, gelir durumu, aile sağlığı merkezinin konuma yakınlığı, ilk başvurulan sağlık kuruluşu ve son bir ay içindeki aile hekimi başvuru sayısı ile tutum arasında anlamlı farklılıklar olduğu saptanmıştır. Geliri giderine eşit olan bireylerin, aile sağlığı merkezini ilk başvuru noktası olarak kullananların ve son bir ayda sağlık hizmetiyle temas edenlerin uzaktan sağlık hizmetlerine yönelik daha olumlu tutum sergiledikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, uzaktan sağlık hizmetlerine yönelik tutumların yalnızca bireysel özelliklerden değil, aynı zamanda sağlık sistemiyle etkileşim düzeyi ve ekonomik durumdan da etkilendiğini göstermektedir. Özellikle birinci basamak sağlık hizmetleriyle temasın artması, bu hizmet modeline yönelik kabulü güçlendirmektedir. Bu bağlamda, uzaktan sağlık hizmetlerinin yaygınlaştırılmasında aile hekimliği sisteminin stratejik bir araç olarak değerlendirilmesi ve düşük sosyo-ekonomik gruplara yönelik kapsayıcı politikaların geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Sağlık Hizmetleri, Tutum, Dijital Sağlık, Tele-Sağlık, Sağlık Hizmeti Kullanımı

[1] Araştırma, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir.
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16205222006@ogr.bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16205122053@ogr.bozok.edu.tr
[4] Yozgat Bozok Üniversitesi, ayhan.durmus@yobu.edu.tr

Abstract

The aim of this study is to examine the attitudes of individuals residing in Yozgat province toward the use of remote healthcare services through quantitative data and to determine whether these attitudes differ according to socio-demographic characteristics and healthcare utilization patterns. The research was conducted using a descriptive design within the framework of quantitative research methods. The study population consisted of individuals aged 18 and over living in Yozgat, and a total of 524 participants were reached through random sampling. Data were collected between June 2 and August 3, 2025, using a face-to-face survey method. The data collection instrument comprised a two-part questionnaire. The first part included questions on socio-demographic characteristics and healthcare utilization, while the second part consisted of the 18-item "Attitude Scale Toward the Use of Remote Healthcare Services". The data were analyzed using the SPSS software package, employing descriptive statistics, confirmatory factor analysis, reliability analysis, independent samples t-test, and one-way ANOVA. The findings revealed that participants' attitudes toward remote healthcare services were moderately positive (mean = 2.88 ± 0.90; total score = 51.87). The scale demonstrated a high level of reliability (Cronbach's Alpha = 0.949). The analysis indicated no significant differences in attitudes based on variables such as gender, age, education level, and presence of chronic disease. However, statistically significant differences were found with respect to income level, proximity of family health centers, first point of contact within the healthcare system, and the number of visits to family physicians within the last month. Individuals whose income equaled their expenses, those who primarily utilized family health centers, and those who had recent interactions with healthcare services exhibited more positive attitudes toward remote healthcare services. The results suggest that attitudes toward remote healthcare services are shaped not only by individual characteristics but also by the level of interaction with the healthcare system and economic conditions. Increased engagement with primary healthcare services, in particular, appears to strengthen the acceptance of this service model. In this context, it is crucial to consider the family medicine system as a strategic instrument in the dissemination of remote healthcare services and to develop inclusive policies targeting low socioeconomic groups.

Keywords: Remote Healthcare Services, Attitude, Digital Health, Telehealth, Healthcare Utilization

TAM METİN BİLDİRİLER

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DİL ÖĞRENİMİ: FIRSATLAR, SINIRLILIKLAR VE PEDAGOJİK DÖNÜŞÜM

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED LANGUAGE LEARNING: OPPORTUNITIES, LIMITATIONS AND PEDAGOGICAL TRANSFORMATION

Onur YILDIZ[1]

Özet

Yapay zekâ (YZ) teknolojileri; kişiselleştirilmiş öğrenme ortamları, anlık geribildirim ve uyarlanabilir içerik sistemleri aracılığıyla dil öğreniminde köklü bir dönüşüm başlatmıştır. Bu derleme, Web of Science, Scopus, ERIC ve TR Dizin gibi veri tabanlarında 2020-2025 yılları arasında yayımlanan ampirik araştırmalar, sistematik derlemeler ve meta-analizler temelinde, bütünleştirici (integrative) bir yaklaşımla YZ'nin yabancı dil edinimindeki fırsatlarını, sınırlılıklarını ve pedagojik boyutlarını ele almaktadır. Bulgular, YZ araçlarının dört temel dil becerisini geliştirdiğini, motivasyon ve öz-yeterliliği artırdığını ve dil öğrenme kaygısını azalttığını; meta-analizlerin ise dil yeterliliği ve duyuşsal çıktılar üzerinde orta-büyük etki büyüklükleri raporladığını göstermektedir. Öte yandan bilişsel yükün dışarıya aktarılması, algoritmik önyargı, akademik dürüstlük ve dijital eşitsizlik gibi yapısal sınırlılıklar da belgelenmektedir. Dil öğretmeninin rolünün bilgi aktarıcılığından pedagojik kolaylaştırıcılığa evrilmesi, YZ okuryazarlığı açısından yeni yeterlilikleri zorunlu kılmaktadır. Çalışma, bu dönüşümü güncel kanıtlar ve Türkçe dil eğitimi bağlamı temelinde bütüncül bir perspektifle incelemektedir.

Anahtar Kelimeler: *yapay zekâ, dil öğrenimi, üretici yapay zekâ, kişiselleştirilmiş öğrenme, pedagojik dönüşüm, yabancı dil olarak Türkçe öğretimi*

[1] Atatürk Üniversitesi, onuryildizru@gmail.com

Abstract

Artificial intelligence (AI) technologies are driving a fundamental transformation in language learning through personalized environments, instant feedback, and adaptive content systems. Grounded in empirical research, systematic reviews, and meta-analyses published between 2020 and 2025 and retrieved from databases including Web of Science, Scopus, ERIC, and TR Dizin, this integrative review examines the opportunities, limitations, and pedagogical dimensions of AI in foreign language acquisition. Evidence shows that AI tools enhance the four core language skills, increase motivation and self-efficacy, and reduce language learning anxiety, with meta-analyses reporting medium-to-large effect sizes on proficiency and affective outcomes. At the same time, structural limitations such as cognitive offloading, algorithmic bias, academic integrity concerns, and digital inequity are documented. The evolution of the teacher's role from knowledge transmission to pedagogical facilitation requires new competencies in AI literacy. The study examines this transformation holistically, drawing on current evidence and the context of Turkish language education.

Keywords: *artificial intelligence, language learning, generative AI, personalized learning, pedagogical transformation, teaching Turkish as a foreign language*

1. Giriş

Yapay zekâ (YZ) ve özellikle Büyük Dil Modelleri (LLM), dil öğrenimi alanında yapısal yaklaşımlardan sosyobilişsel ve etkileşimsel modellere doğru yaşanan evrime güçlü bir ivme kazandırmıştır. 2022'nin sonlarında ChatGPT'nin piyasaya sürülmesi, doğal dil işleme kapasitesiyle dil eğitimi araştırmalarında üstel bir artışa ve yeni bir dönüm noktasına işaret etmiştir (Li, Tan, Wang & Lowell, 2025: 1, 3). Üretken yapay zekâ (GenAI) araçlarının geleneksel yöntemlere kıyasla öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve davranışsal katılımlarını artırarak dil yeterliliği üzerinde anlamlı etkilere sahip olduğu görülmektedir (Heung & Chiu, 2025; 1: Song & Song, 2023: 2; Wei, 2023: 4). Literatürdeki güncel ampirik çalışmalar ışığında, yapay zekâ destekli dil öğrenimi fırsatlar, sınırlılıklar/etik sorunlar ve öğretmen rollerindeki dönüşüm olmak üzere üç temel eksende değerlendirilebilir.

Yapay Zekâ Destekli Araçların Sunduğu Fırsatlar YZ destekli araçlar, dil öğreniminin birçok boyutunda öğrencilere benzersiz fırsatlar sunmaktadır. Her şeyden önce, öğrencilere anında, kişiselleştirilmiş ve hedefe yönelik geri bildirimler sağlayarak öğrenme sürecini bireyselleştirir ve uyarlanabilir (adaptive) öğrenme ortamları sunarlar (Köçeri & Ulaş, 2025: Lee, Choe, Zou & Jeon, 2026). ChatGPT gibi sohbet robotları, konuşma ve yazma pratiklerinde yargılayıcı olmayan, düşük stresli sanal bir etkileşim ortamı yaratarak öğrencilerin hata yapma korkusunu (yabancı dil kaygısını) azaltmakta, öz yeterliliklerini ve iletişim kurma isteklilikerini artırmaktadır (Heung & Chiu, 2025: 1; Lee ve ark., 2026: 336; Qiao & Zhao, 2023: 2; Wei, 2023: 9). Bunun yanı sıra, okuma becerilerinde metin çeşitliliği sunması ve sözcük dağarcığı gelişimini desteklemesi; yazma becerilerinde ise dil bilgisi, tutarlılık ve metin yapısını anlık olarak iyileştirmesi bu araçların çok yönlü pedagojik potansiyelini kanıtlamaktadır (Köçeri & Ulaş, 2025: 776; Song & Song, 2023: 2).

Sınırlılıklar, Riskler ve Etik Sorunlar Fırsatlarına rağmen, YZ araçlarının dil eğitimine entegrasyonu ciddi sınırlılıklar, riskler ve etik sorunlar barındırmaktadır. Öğrencilerin bu araçlara aşırı güvenmesi ve bağımlı hale gelmesi (over-reliance), öğrenme sürecinden kopmalarına yol açarak eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık becerilerini köreltme riski taşımaktadır (Li ve ark. 2025: 2; Lee ve ark., 2026: 350; Gerlich, 2025: 6). Etik açıdan akademik dürüstlüğün ihlali, kopya ve intihal (plagiarism) vakaları en çok vurgulanan sorunlar arasındadır (Lee ve ark., 2026: 337). Teknolojik sınırlılıklar bağlamında ise YZ sistemlerinin eğitim verilerinden kaynaklanan kültürel önyargıları (bias) sürdürmesi, yanlış veya uydurma bilgi üretmesi (halüsinasyon) ve kişisel veri gizliliğine yönelik güvenlik açıkları oluşturması, dikkatle yönetilmesi gereken başlıca riskler olarak öne çıkmaktadır (Lee ve ark., 2026: 350, 337; Wang, Zhang, Yao & Seedhouse, 2025: 17)

Öğretmen Rolünün Dönüşümü Yapay zekânın eğitim ortamlarına dâhil olması, dil öğretmenlerinin geleneksel "bilgi aktarıcı" rolünü derinden dönüştürmektedir. Yeni ekosistemde öğretmenler; öğrencilere gerekli teknolojik ve içeriksel ön bilgiyi sunan (ön bilgi sunucusu), YZ araçlarını öğrenme hedefleriyle bütünleştirerek etkinlikler planlayan (tasarımcı), öğrencilerin YZ ile etkileşimini cesaretlendirip süreci kolaylaştıran (kolaylaştırıcı), öğrencilerin dil gelişimini ve YZ çıktılarını değerlendiren (değerlendirici) ve bağlama uygun materyaller sağlayan (kaynak sağlayıcı) çok boyutlu rollere bürünmektedir (Li, Zhou & Chiu, 2024: 1854, 1855, 1856). Öğretmenler, yapay zekâyı kendi yerini alacak bir tehdit olarak görmek yerine; zengin öğrenme kaynaklarını pedagojik kararlarla harmanlayıp yönlendiren birer "orkestra şefi" ve öğrencilerin eleştirel yapay zekâ okuryazarlığını (critical AI literacy) geliştiren rehberler olarak konumlanmaktadır (Li ve ark., 2025: 16; Jeon & Lee, 2023: 15884, 15885).

2. Kuramsal Çerçeve ve Tarihsel Arka Plan

CALL araştırması yapısal-davranışçı, bilişsel ve sosyobilişsel aşamalardan geçmiştir (Kern & Warschauer, 2000: 2, 3). 42 yıllık alanı inceleyen bibliyometrik çalışmalar, baskın kuramsal çerçevelerin sosyokültürel kuram ve etkileşimci ikinci dil edinimi (İDA) olduğunu göstermektedir (Mohsen ve ark., 2024: 232). Büyük Dil Modelleri bu çizgiye dördüncü bir aşama eklemekte; öğrencinin profilini modelleyip bağlamsal ve kişiselleştirilmiş geribildirim üretebilen sistemler sunmaktadır (Wang, Zhang, & Zhou, 2026). İngilizce öğretiminde YZ kullanımını inceleyen sistematik derlemeler, bu aşamanın konuşma, yazma, okuma ve öz-düzenleme alanlarındaki olanaklarını; teknoloji arızaları ve dil standardizasyonu gibi zorluklarını belgelemektedir (Crompton ve ark., 2024: 2522, 2525).

İkinci dil edinimi kuramları, YZ'nin pedagojik konumunu anlamlandırmada güçlü araçlar sunar (Mohsen ve ark., 2024: 232). Vygotsky'nin, Yakınsak Gelişim Alanı çerçevesinde YZ platformları öğrenciye uyarlanmış iskele (scaffolding) sağlayabilir (Vygotsky, 1978: 86); ancak mevcut platformların çoğu iş birliği ve bilişsel katılım boyutlarında yetersiz kalmaktadır (Laak ve Aru, 2024: 2, 6, 7). Long'un (1996) etkileşimci yaklaşımı açısından

sohbet ajanlarıyla kurulan etkileşim anlam müzakeresini desteklerken (Mohsen ve ark., 2024: 232; Kern & Warschauer, 2000: 84), Krashen'ın (1985) anlaşılır girdi ilkesi, YZ'nin içeriği öğrencinin düzeyine göre gerçek zamanlı uyarlamasıyla yeni bir boyut kazanır (Kern & Warschauer, 2000: 17). Öz-Belirleme Kuramı (Deci ve Ryan, 1985) perspektifinden ise YZ'nin içsel motivasyonu ancak özerklik ve yeterlilik ihtiyaçlarını karşıladığında güçlendirdiği vurgulanmaktadır (Li ve ark., 2025: 1850, 1852, 1859).

ChatGPT, GPT-4, Gemini ve Claude gibi modellere dayanan üretici yapay zekâ (GenAI) araçları; geleneksel sohbet robotlarından bağlamı sürdürme, konuşma biçiminde yanıt üretme ve insan geribildiriminden öğrenme (RLHF) boyutlarında ayrışır (Lee ve ark., 2025: 336; Jeon & Lee, 2023: 15875). İki on yılı kapsayan kapsamlı bir tarama derlemesi, YZ uygulamalarının kural tabanlı sistemlerden gelişmiş YZ'ye dönüştüğünü ve sohbet robotlarının araştırmalarda baskın hâle geldiğini göstermektedir (Wang, Zhang, & Zhou, 2026:9). Güncel derlemeler ise araştırmaların yazma becerisi, yükseköğretim ve İngilizce (EFL) bağlamında yoğunlaştığını; konuşma, dinleme, K-12 ve İngilizce dışı dillerin yetersiz temsil edildiğini ortaya koymaktadır (Li ve ark., 2025: 15; Wang, Zhang, & Seedhouse, 2025: 13, 14; Wang, Zhang, & Zhou, 2026: 26).

3. Yöntem ve Derleme Süreci

Bu çalışma, PRISMA protokollerini birebir izlemeyen ancak kaynak seçiminde şeffaflığı gözeten bütünleştirici (integrative) bir derlemedir. Tarama; Web of Science, Scopus ve ERIC ile Türkçe çalışmalar için TR Dizin ve Google Scholar üzerinde, "artificial intelligence", "ChatGPT", "generative AI", "language learning", "CALL", "EFL" ve "Turkish as a foreign language" anahtar kelimeleri ile bunların Türkçe karşılıkları kullanılarak yürütülmüştür.

Temel zaman aralığı, üretici YZ'nin dil eğitimi gündemine güçlü biçimde girdiği dönemi kapsayacak şekilde 2020-2025 olarak belirlenmiş; İDA ve CALL alanının klasik kuramsal kaynaklarına da başvurulmuştur. Hakemli dergilerde yayımlanmış, dil öğrenimine doğrudan değinen ve ampirik ya da sistematik kanıt sunan çalışmalar dâhil edilmiş; gri yayınlar, yalnızca teknik nitelikli model çalışmaları, lisansüstü tezler ve hakem denetiminden geçmemiş bildiriler kapsam dışı tutulmuştur. Bu süreçte toplam 29 kaynak (3 meta-analiz, 9 sistematik/tarama derlemesi, 11 ampirik çalışma ve 6 kuramsal kaynak) sentezlenmiştir.

4. Yapay Zekânın Dil Öğrenimine Sağladığı Fırsatlar

YZ'nin en temel katkısı, "herkese tek beden" anlayışından bireysel profillere dayalı uyarlanabilir öğrenmeye geçişi mümkün kılmasıdır (Xia ve ark., 2025: 1, 2; Yan ve ark., 2025: 2). YZ tabanlı okuma ve kelime platformları; okuma-anlama, kelime gelişimi ve motivasyonda anlamlı iyileşmeler, kaygıda ise azalma sağlamaktadır (Hsu, Chang, & Jen, 2024: 3076). Yazma becerisinde Otomatik Yazma Değerlendirmesi ve ChatGPT, yazma öz-yeterliliğini, ürün kalitesini ve akademik başarıyı artırmaktadır (Wei, Wang & Dong, 2023: 1; Song & Song, 2023: 1). Görev tabanlı öğretim bağlamındaki bir meta-analiz de GenAI'nin olumlu etkisini doğrularken bu etkinin öğrenci YZ okuryazarlığına ve görev tasarımına bağlı olduğunu göstermektedir (Li ve ark., 2025: 158).

Konuşma becerisinde YZ tabanlı öğretim, performans ve üstbilişsel farkındalıkta üstünlük sağlamakta; sesli asistanlarla yürütülen etkinlikler iletişimsel istekliliği artırıp konuşma kaygısını azaltmaktadır (Tai & Chen, 2023: 1485; Qiao & Zhao, 2023: 1). Öğrencilerin YZ ortamlarını daha az tehdit edici, düşük riskli pratik fırsatları olarak algılaması, motivasyon ve öz-yeterlilik üzerindeki olumlu etkiyi açıklayan temel mekanizmadır (Wei, 2023: 9, 10). Üretici YZ'nin motivasyon ve katılım üzerindeki etkilerini inceleyen bir meta-analiz de üniversite öğrencilerinde anlamlı olumlu etkiler bulmuştur (Xia ve ark., 2025: 1, 13)

YZ platformları, zaman ve mekândan bağımsız öğrenme sunarak erişimi genişletmektedir (Qiao & Zhao, 2023: 2, 3). Türkçenin yabancı dil olarak öğreniminde YZ, dört temel dil becerisini destekleyen bir araç olarak olumlu değerlendirilmekte; ancak ChatGPT'nin Türkçe metin üretimi A2-B1 düzeyinde kabul edilebilirken üst düzeylerde yetersiz kalmaktadır (Katı & Can, 2024: 541; Köçeri & Ulaş, 2025: 776). Geniş bir derleme de bu araçların öğrenme aracı, sohbet muhatabı ve geribildirim sağlayıcı rollerini ortaya koyarken aşırı bağımlılık ve akademik dürüstlük risklerini vurgulamaktadır (Lee, Choe & Jeon, 2025: 348, 349).

5. Yapay Zekânın Dil Öğrenimindeki Sınırlılık ve Zorlukları

YZ'nin sık kullanımı, bilişsel yükün dışarıya aktarılması (cognitive offloading) yoluyla eleştirel düşünme becerilerini zayıflatabilmektedir; 666 katılımcılı bir çalışma, YZ kullanımı ile eleştirel düşünme arasında negatif bir ilişki ve gençlerde daha yüksek bağımlılık bulmuştur (Gerlich, 2025: 3, 10, 12). Uyarlanabilir sistemlerin çoğu öğrenen özerkliğini ve öz-düzenlemeyi yeterince desteklememekte; bu durum, özerk öğrenmenin temel olduğu dil ediniminde pasif tüketim riski yaratmaktadır (Laak ve Aru, 2024: 4, 5).

Akademik dürüstlük, aşırı bağımlılıkla birlikte en belirgin zorluktur (Lee ve ark., 2026: 336, 337, 350); YZ'nin gerçekmiş gibi görünen yanlış bilgiler üretmesi (halüsinasyon) güvenilirlik riskini derinleştirmektedir (Alkaissi ve McFarlane, 2023: 3). Modeller, eğitim verisindeki dengesizlikler nedeniyle baskın olmayan dil biçimlerine karşı önyargı sergileyebilir (Lee ve ark., 2026: 336; Li ve ark., 2025: 16); Türkçe gibi biçimbilimsel açıdan zengin dillerde ve pragmatik-kültürel boyutta yetersizlikler sürmektedir (Katı ve Can, 2024: 539, 540, 560).
YZ araçlarına erişim, ülkeler ve sosyoekonomik gruplar arasında büyük farklılıklar göstermekte; dijital okuryazarlık, altyapı ve abonelik gereksinimleri eşitsizlikleri yeniden üretebilmektedir (Li ve ark., 2025: 16; Lee, Choe ve Jeon, 2025: 353). Araştırmaların yükseköğretimde yoğunlaşması, K-12 bağlamını büyük ölçüde araştırılmamış bırakmaktadır (Li ve ark., 2025: 9, 15, 16). Öğretmenle YZ ise tamamlayıcı bir ilişki içindedir: YZ teknik görevlerde üstünlük sağlarken bağlam yorumlama, motivasyon ve etik yönlendirme öğretmende kalmakta (Jeon ve Lee, 2023: 15876, 15877); sohbet robotları kültürel ve mecazi dili yönetmede sınırlı kalmaktadır (Jeon ve Lee, 2023: 15874, 15877).

6. Pedagojik Dönüşüm ve Dil Öğretmenlerinin Değişen Rolü

Kanıtlar, YZ ile öğretmenin çelişen değil tamamlayan roller üstlendiğini göstermektedir: YZ mekanik görevleri üstlenirken öğretmen söylem yorumlama ve sosyal-duygusal destekte belirleyicidir (Li ve ark., 2025: 2; Jeon ve Lee, 2023: 15876). Bu modelde öğretmenin, öğrencilerin temel psikolojik ihtiyaçlarını (özerklik, yetkinlik, ilişkisellik) ve içsel motivasyonunu destekleyici ortamlar tasarlama rolü öne çıkar; bu pedagojik destek ve tasarımın yokluğunda YZ'nin öğrenme süreçlerine katkısı sınırlı kalmaktadır (Li, Zhou ve Chiu, 2024: 1851, 1861). Dolayısıyla öğretmenlerin, yalnızca teknik becerilere değil; aynı zamanda eleştirel YZ okuryazarlığına ve bu entegrasyonu pedagojik hedeflerle harmanlayabilecekleri sürdürülebilir bir mesleki gelişime ihtiyacı vardır (Demir, 2024: 2229; Lee, Choe ve Jeon, 2025: 353).

Godwin-Jones'un, Dağıtık Eyleyicilik (distributed agency) çerçevesi, eyleyiciliğin öğrenci, öğretmen ve YZ (insan ve insan olmayan aktörler) arasında paylaşıldığı ekolojik ve hibrit bir modeli kavramsallaştırır (Godwin-Jones, 2024: 16, 22). Başarılı entegrasyon; rollerin ve pedagojik görevlerin açık biçimde tasarlanmasını, öğrencinin eleştirel YZ okuryazarlığı kazanarak sistemin sınırlılıklarını bilinçle anlamasını ve öğretmenin süreci yönlendiren bir koordinatör/eleştirmen olarak konumlanmasını gerektirir (Godwin-Jones, 2024: 6, 11, 16). Böylece YZ araçları yalnızca teknik verimlilik veya dil becerisi kazandırma kapasiteleri açısından değil; aynı zamanda öğrenenin kendi öğrenme süreçleri üzerindeki eyleyiciliğini (agency) güçlendirip güçlendirmediği açısından da değerlendirilmelidir (Godwin-Jones, 2024: 16, 17).

7. Türk Dil Eğitiminde Yapay Zekâ: Güncel Bulgular ve Özgün Sorunlar

Türkiye'de YZ ve dil öğrenimi kesişimine odaklanan araştırmalar erken aşamada olup büyük ölçüde nitel tasarımlarla sınırlıdır (Demir, 2024: 2226). Türkçenin yabancı dil olarak öğreniminde Katı ve Can, ChatGPT'nin ürettiği metinlerin A2-B1 düzeyinde kabul edilebilir, üst düzeylerde ise yetersiz olduğunu; Köçeri ve Ulaş (2025) ise yabancı öğrencilerin YZ'yi dört beceriyi destekleyen bir araç olarak olumlu değerlendirdiğini, ancak bağlam kurmadaki eksikliklerden dolayı kültürel ve pragmatik uygunlukta kaygı taşıdığını ortaya koymaktadır (Katı ve Can, 2024: 540; Köçeri ve Ulaş, 2025: 776).

Özgün sorunlar arasında ulusal müfredatla uyum güçlükleri, standart değerlendirme sistemleriyle olası çatışmalar (assessment disruption) ve bölgesel dijital altyapı eşitsizlikleri yer almaktadır (Li ve ark., 2025: 16; Lee, Choe ve Jeon, 2025: 350, 353). Politika çerçevesinin henüz olgunlaşmamış olması, kurumların gerekli altyapı ve idari destekten yoksun kalmasına neden olmakta ve öğretmenleri kurumsal destek olmaksızın bireysel inisiyatife yöneltmektedir (Lee, Choe ve Jeon, 2025: 353). Bu tablo, öğrencilerin, eğitimcilerin, geliştiricilerin ve politika yapıcıların dahil olduğu koordineli ve sistematik bir politika yaklaşımının ile etik yönergelerin gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır (Xia ve ark., 2025: 14; Crompton ve ark., 2024: 2524; Lee, Choe ve Jeon, 2025: 353, 354).

8. Tartışma ve Sonuç

Bulgular, YZ'nin dil öğrenimi üzerindeki etkilerinin çok katmanlı ve bağlama bağımlı olduğunu göstermektedir. Deneysel çalışmalar ve meta-analizler; kişiselleştirme, anlık geribildirim, motivasyon ve konuşma becerileri için güçlü kanıtlar sunmakta, etki büyüklükleri çoğunlukla orta-büyük aralıkta yoğunlaşmaktadır (örneğin Heung ve Chiu, 2025: genel katılım için Hedges' $g \approx 0{,}59$; Xia ve ark., 2025: $g \approx 0{,}52$-$0{,}87$). Ancak güven aralıklarının genişliği ve yüksek heterojenlik, bu ortalamaların temkinli yorumlanmasını gerektirmektedir.

Bu faydalar, YZ'nin aşırı bağımlılıktan uzak, eleştirel ve bilinçli kullanımına bağlıdır; bilişsel yükün dışarıya aktarılması, uzun vadeli öğrenme derinliğini tehdit eden yapısal bir risktir (Gerlich, 2025; Laak ve Aru, 2024). Alanyazının başlıca sınırlılıkları kısa vadeli tasarımların ağırlığı, K-12 ile İngilizce dışı dillerin yetersiz temsili ve eşitlik boyutunun ihmalidir (Li ve ark., 2025; Lee ve ark., 2026). Türk EFL bağlamı ise erişim eşitsizlikleri ve müfredat uyumu gibi kendine özgü güçlükler taşımaktadır.

Bu çalışma alanyazına üç açıdan katkı sunmaktadır. İlk olarak, güncel ampirik bulguları, meta-analizleri ve kuramsal çerçeveleri bütünleştirmektedir. İkinci olarak, fırsatlar ile sınırlılıkları eleştirel bir dengede ele alarak aşırı iyimser ve aşırı karamsar söylemlerin ötesine geçmektedir. Üçüncü olarak, uluslararası bulguları Türkçe dil eğitimi bağlamına uyarlamaktadır. Gelecek araştırmalar uzun vadeli deneysel tasarımlara, K-12 ve Türkçe odağına, öğretmen-YZ iş birliğine ve eşitlik temelli çalışmalara yönelmelidir; uygulamada ise öğretmen yetiştirme programlarına YZ okuryazarlığının eklenmesi, kurumsal etik çerçevelerin oluşturulması ve erişim eşitsizliklerini azaltan politikaların önceliklendirilmesi gerekmektedir.

Mevcut kanıtlar, YZ'nin insan öğretmenin yerini almasının değil, tamamlayıcı bir ortak olarak konumlandırılmasının daha sürdürülebilir olduğunu desteklemektedir. Dil eğitiminin geleceği, yapay zekânın hesaplama kapasitesiyle öğretmenin pedagojik sezgisini ve kültürel bilgeliğini birleştiren, öğreneni merkeze alan dağıtık eyleyicilik modellerinde şekillenecektir.

Kaynakça

Alkaissi, H., & McFarlane, S. I. (2023). Artificial hallucinations in ChatGPT: Implications in scientific writing. *Cureus, 15*(2), e35179. https://doi.org/10.7759/cureus.35179

Crompton, H., Edmett, A., Ichaporia, N., & Burke, D. (2024). AI and English language teaching: Affordances and challenges. *British Journal of Educational Technology, 55*(6), 2503–2529. https://doi.org/10.1111/bjet.13460

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum Press.

Demir, A. (2024). Yapay zeka ve İngilizce dil öğretimi: 2017-2022 araştırma makalelerinin incelemesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research, 11*(113), 2225–2231. https://doi.org/10.5281/zenodo.14257198

Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies, 15*(1), 6. https://doi.org/10.3390/soc15010006

Godwin-Jones, R. (2024). Distributed agency in second language learning and teaching through generative AI. *Language Learning & Technology, 28*(2), 5–31. https://doi.org/10.64152/10125/73570

Heung, Y. M. E., & Chiu, T. K. F. (2025). How ChatGPT impacts student engagement: A systematic review and meta-analysis study. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*, 100361. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100361

Hsu, T. C., Chang, C., & Jen, T. H. (2024). Artificial intelligence image recognition using self-regulation learning strategies: Effects on vocabulary acquisition, learning anxiety, and learning behaviours of English language learners. *Interactive Learning Environments, 32*(6), 3060–3078. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2165508

Jeon, J., & Lee, S. (2023). Large language models in education: A focus on the complementary relationship between human teachers and ChatGPT. *Education and Information Technologies, 28*(12), 15873–15892. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11834-1

Katı, T. N., & Can, U. (2024). Yapay zekâ ile üretilen metinlerin yabancı dil olarak Türkçe öğretiminde okuma becerisine yönelik kullanılabilirliği: ChatGPT-3.5 örneği. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25*(2), 538–569. https://doi.org/10.17679/inuefd.1415303

Kern, R., & Warschauer, M. (2000). Theory and practice of network-based language teaching. M. Warschauer & R. Kern (Ed.), *Network-based language teaching: Concepts and practice* (s. 1–19) içinde. Cambridge University Press.

Köçeri, K., & Ulaş, A. H. (2025). Yabancı öğrencilerin yapay zekâ ile Türkçe dil becerisi öğrenimi ve algılarının incelenmesi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 16*(1), 775–797. https://doi.org/10.51460/baebd.1614932

Krashen, S. D. (1985). *The input hypothesis: Issues and implications*. Longman.

Laak, K. J., & Aru, J. (2024). AI and personalized learning: Bridging the gap with modern educational goals. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.02798

Le, Y., & Seedhouse, P. (2025). A scoping review of empirical studies on generative artificial intelligence in language education. *The Language Learning Journal*. https://doi.org/10.1080/09571736.2025.2509759

Lee, S., Choe, H., Zou, D., & Jeon, J. (2026). Generative AI (GenAI) in the language classroom: A systematic review. *Interactive Learning Environments, 34*(1), 335–359. https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2498537

Li, B., Tan, Y. L., Wang, C., & Lowell, V. (2025). Two years of innovation: A systematic review of empirical generative AI research in language learning and teaching. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 9*, 100445. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100445

Li, Y., Zhou, X., & Chiu, T. K. F. (2024). Systematics review on artificial intelligence chatbots and ChatGPT for language learning and research from self-determination theory (SDT): What are the roles of teachers? *Interactive Learning Environments, 33*(3), 1850–1864. https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2400090

Long, M. H. (1996). The role of the linguistic environment in second language acquisition. W. C. Ritchie & T. K. Bhatia (Ed.), *Handbook of second language acquisition* (s. 413–468) içinde. Academic Press.

Mohsen, M. A., Althebi, S., Alsagour, R., Alsalem, A., Almudawi, A., & Alshahrani, A. (2024). Forty-two years of computer-assisted language learning research: A scientometric study of hotspot research and trending issues. *ReCALL*, *36*(2), 230–249. https://doi.org/10.1017/S0958344023000253

Qiao, H., & Zhao, A. (2023). Artificial intelligence-based language learning: Illuminating the impact on speaking skills and self-regulation in Chinese EFL context. *Frontiers in Psychology, 14*, 1255594. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1255594

Song, C., & Song, Y. (2023). Enhancing academic writing skills and motivation: Assessing the efficacy of ChatGPT in AI-assisted language learning for EFL students. *Frontiers in Psychology, 14*, 1260843. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1260843

Tai, T. Y., & Chen, H. H. J. (2023). The impact of Google Assistant on adolescent EFL learners' willingness to communicate. *Interactive Learning Environments, 31*(3), 1485–1502. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1841801

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wang, Y., Zhang, Z. J., & Zhou, H. (2026). Artificial intelligence in language learning: A twenty-year scoping review of applications, research methods, and outcomes. *Research Synthesis in Applied Linguistics*. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/29984475.2026.2647961

Wang, Y., Zhang, T., Yao, L., & Seedhouse, P. (2025). A scoping review of empirical studies on generative artificial intelligence in language education. *Innovation in Language Learning and Teaching*. https://doi.org/10.1080/17501229.2025.2509759

Wei, L. (2023). Artificial intelligence in language instruction: Impact on English learning achievement, L2 motivation, and self-regulated learning. *Frontiers in Psychology, 14*, 1261955. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1261955

Wei, P., Wang, X., & Dong, H. (2023). The impact of automated writing evaluation on second language writing skills of Chinese EFL learners: A randomized controlled trial. *Frontiers in Psychology, 14*, 1249991. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1249991

Xia, Q., Li, W., Yang, Y., Weng, X., & Chiu, T. K. F. (2025). A systematic review and meta-analysis of the effectiveness of generative artificial intelligence (GenAI) on students' motivation and engagement. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 9*, 100455. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100455

Yan, J., Wu, C., Tan, X., & Dai, M. (2025). The influence of AI-driven personalized foreign language learning on college students' mental health: A dynamic interaction among pleasure, anxiety, and self-efficacy. *Frontiers in Public Health, 13*, 1642608. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.164260

BİREYSEL SORUMLULUKTAN KOLEKTİF FAİLLİĞE: YAPAY ZEKÂ ETİĞİNDE DÖNÜŞEN ETİK PARADİGMALAR

INDIVIDUAL RESPONSIBILITY TO COLLECTIVE AGENCY: TRANSFORMING ETHICAL PARADIGMS IN AI ETHICS

Arş. Gör. Esma Aygün YAKIN[1]

Özet

Yapay zekâ teknolojilerinin doğurduğu etik problemler günümüzde hâlâ büyük ölçüde bireysel kararlar ve kullanıcı tercihleri ekseninde tartışılmaktadır; oysa bu çerçeve, milyarlarca insanın gündelik etkileşimiyle beslenen dijital ekosistemi açıklamakta giderek yetersiz kalmaktadır. Eylem felsefesindeki kolektif faillik tartışmalarının teknolojiyle paylaşılan failliğe kayıtsız kalması, bu yetersizliği daha da belirgin kılmaktadır. Çalışma, Rainer Mühlhoff'un İnsan Destekli Yapay Zekâ kavramsallaştırmasından hareketle, yapay zekâ etiğini bireysel ahlaki yükümlülük ekseninden çıkarıp kolektif faillik zemininde kurulan bir kolektif sorumluluk anlayışına taşımayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda çalışma, yapay zekâ etiği ile iklim krizi tartışmaları arasındaki yapısal benzerliğe özel bir ağırlık vererek, dijitalleşme ile sürdürülebilirliği birlikte ele alan ikiz dönüşüm perspektifini merkeze almaktadır; her iki alanda da bireysel eylemler ile bu eylemlerin yol açtığı kümülatif etkiler arasındaki kopukluk aynı yapısal mantıkla işlemektedir. Felsefi ve kavramsal bir analizle yürütülen çalışma, kullanıcıları yalnızca veri sağlayıcılar olarak değil, kolektif faillik üstlenebilen ahlaki özneler olarak yeniden düşünmenin bir zorunluluk olduğunu savunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Yapay Zekâ Etiği, İkiz Dönüşüm, Kolektif Ahlaki Faillik, Rainer Mühlhoff, İnsan Destekli Yapay Zekâ.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, esma.yakin@yobu.edu.tr

Abstract

Ethical problems raised by artificial intelligence are still largely discussed within the framework of individual decisions and user preferences, yet this framework is increasingly inadequate for explaining the digital ecosystem sustained by the everyday interactions of billions of people. The neglect of technologically shared agency within collective agency debates makes this inadequacy more apparent. Drawing on Rainer Mühlhoff's concept of Human-Aided AI, this study aims to move AI ethics beyond individual moral obligation toward collective responsibility grounded in collective agency. The study places particular weight on the structural parallel between AI ethics and climate crisis debates, centering a twin transformation perspective on digitalisation and sustainability, since in both domains individual actions and their cumulative effects follow the same structural logic. Through a philosophical and conceptual analysis, the study argues that a transformative AI ethics requires rethinking users not as data providers but as moral agents capable of collective agency.

Keywords: *AI Ethics, Twin Transformation, Collective Moral Agency, Rainer Mühlhoff, Human-Aided AI.*

Giriş

Günümüzde yapay zekâ teknolojilerinin ortaya çıkardığı etik problemler, çoğunlukla bireysel kararlar, niyetler ve kullanıcı tercihleri çerçevesinde ele alınmaktadır. Ne var ki dijital dönüşümün ulaştığı mevcut aşama, bu birey-merkezli etik yaklaşımın açıklayıcılığını giderek daha fazla zorlamaktadır. Bugün karşı karşıya olduğumuz olgu, tekil bir yazılım ya da algoritmadan ziyade, milyarlarca insanın gündelik etkileşimleriyle beslenen ve süreklilik kazanan geniş ölçekli bir dijital ekosistemdir. Kullanıcıların çoğunlukla farkında olmadan ürettikleri veri ve etkileşimler, algoritmaların öğrenme süreçlerine ve güç kazanma dinamiklerine doğrudan katkı sağlarken, etik sorumluluğun yalnızca bireysel iyi ya da kötü niyet üzerinden tartışılması bu yapısal sorunların üzerini örtme riski taşımaktadır.

Kolektif faillik, eylem felsefesinde son yıllarda giderek daha çok ele alınan bir tartışma alanı olmakla birlikte, failliğin teknolojilerle paylaşıldığı durumlara büyük ölçüde kayıtsız kalmış; dikkatini çoğunlukla insan öznelerin niyet ve zihinsel durumlarına yöneltmiştir. Bu tartışma temelde, bireylerin birlikte yazmak, birlikte yönetmek, birlikte üretmek gibi ödülünün ya da sonucunun diğerlerinin eylemine bağlı olduğu durumları konu edinir ve bu tür eylemleri, yalnızca bireysel niyetlerin toplamına indirgenemeyecek, karşılıklı taahhütler içeren ayrı bir normatif kategori olarak ele alır (Umut, 2023: s.36-38). Bu çalışmanın çıkış noktası, yapay zekâ etiğinde hâkim olan birey-merkezli sorumluluk anlayışının, dijital sistemlerin yapısal, kolektif ve sürdürülebilirlik boyutlarını çoğu zaman görünmez kılmasıdır. Çalışma, Rainer Mühlhoff'un "İnsan Destekli Yapay Zekâ" (Human-Aided AI) kavramsallaştırmasını temel bir teorik çerçeve olarak benimseyerek, yapay zekâ etiğini bireysel ahlaki yükümlülükler ekseninden çıkarıp kolektif sorumluluk anlayışı çerçevesinde yeniden düşünmeyi amaçlamaktadır. Mühlhoff'a göre çağdaş yapay zekâ sistemleri, kullanıcıların aktif fakat çoğu zaman farkında olunmayan katkılarıyla işlerlik kazanmakta; insanlar bu sistemlerin yalnızca pasif kullanıcıları değil, aynı zamanda onları besleyen, sürdüren ve yeniden üreten özneleri hâline gelmektedir (Mühlhoff, 2025: s.38-46). Yöntem olarak felsefi ve kavramsal bir analiz izlenmekte, bu analiz gerektiği yerlerde ilgili literatürün kavramlarıyla derinleştirilmektedir.

Çalışmanın odaklandığı bir diğer eksen, dijitalleşme ile sürdürülebilirliği birlikte ele alan ikiz dönüşüm perspektifi çerçevesinde, yapay zekâ etiği ile iklim krizi tartışmaları arasında kurulan yapısal benzerliktir. Mühlhoff, yapay zekâ etiğinin karşılaştığı sorunu doğrudan iklim krizine koşut tutar: her iki alanda da bireysel eylemler ile bu eylemlerin yol açtığı kümülatif ve yıkıcı etkiler arasında bir kopukluk vardır; milyonlarca kişinin tek başına önemsiz görünen davranışı, toplamda geri döndürülemez bir yapısal sonuca dönüşür. Bu koşutluk, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde yapay zekâ etiğindeki bireysel sorumluluk anlatısının neden yetersiz kaldığını göstermek için tekrar tekrar başvurulan bir zemin oluşturmaktadır. Bu doğrultuda çalışma sırasıyla yapay zekânın yapısal ve öznelik üretici doğasını, yapay zekâ etiği ile iklim etiğinin paylaştığı yapısal sorunu, kolektif sorumluluk kavramının felsefi temellerini ve inşasını, son olarak da bu dönüşen paradigmanın pratik yansımalarını ele almaktadır.

1. Yapay Zekânın Yapısal Doğası: İnsan Destekli Yapay Zekâ ve Özneleşme

Yapay zekâya ilişkin popüler tasavvur, onu kapalı, özerk ve insanüstü bir zekâya sahip, bağımsız bir fail olarak resmeder; bu insanbiçimci yanılgı, yapay zekâ etiğini otonom araçların tramvay problemleri veya robot hakları gibi fütüristik senaryolara hapseder (Mühlhoff, 2025: s.30-33). Söz konusu yanılgı, teknolojinin gerçek işleyişini gizleyip yerine yüzeysel ve rahatlatıcı bir kesinlik görüntüsü sunan bir tür "teknolojik kitsch" olarak da okunabilir; Larson bu kavramı Milan Kundera'nın "kitsch" tanımından türetir: zekâ ve bilinç gibi karmaşık, zor sorularla gerçekten yüzleşmek yerine, teknobilimsel bir dünya görüşüne yaslanan basitleştirilmiş bir anlatı sunulur ve bu anlatı, karmaşık, büyük ölçüde beşerî emeğe dayanan bir sistemi sanki kendi başına düşünen özerk bir zekâymış gibi göstermeyi mümkün kılar (Larson, 2021: s.86-95) Büyük bütçeli, iddialı girişimlerin akıbeti de bu abartıyı somutlaştırır. İnsan beynini bütünüyle simüle etmeyi hedefleyen ve milyar avroluk bir yatırıma dayanan İnsan Beyni Projesi, vadettiği sonuçlara ulaşamamış; bu başarısızlık, yapay zekânın insan bilişini kısa vadede kopyalayabileceği varsayımının ne denli iyimser olduğunu göstermiştir (Larson, 2021: s.321-326). Benzer bir yanılgı büyük veri söyleminde de karşımıza çıkar: veri miktarındaki artışın kendiliğinden anlama ya da zekâ üreteceği varsayılır, oysa verinin niteliği ve bağlamı gözetilmeden yalnızca niceliğine dayanan bir çıkarım güvenilir bir temel oluşturmaz (Larson, 2021: s.327-330). Bu eleştirilerin ortak noktası, yapay zekânın "zekâ"sının makinenin içinde değil, onu besleyen insan emeği ve etkileşiminde aranması gerektiğidir.

Mühlhoff'un (2025: s.45-46) "İnsan Destekli Yapay Zekâ" kavramı, bu eleştiriyi olumlu bir teoriye dönüştürür. Buna göre çağdaş yapay zekâ sistemleri, bilgisayar çipleri ile insan bilişinin birleştiği melez hesaplama ağlarıdır; kullanıcılar arama motorlarını, sosyal medyayı veya doğrulama kodlarını kullandıkça bu devasa ağların bilişsel alt birimleri olarak işlev görürler. Facebook'un DeepFace yüz tanıma sisteminin kullanıcıların arkadaş etiketleme pratiğini eğitim verisine dönüştürmesi, bu ilişkinin somut bir örneğidir: kullanıcılar bir yapay zekâ sistemini eğittiklerinin farkında değildir, yalnızca arkadaşlarıyla paylaşım yapmaktadırlar (Mühlhoff, 2025: s.42-44). Bu ustalık, "yazışım ilkesi" (correspondence principle) olarak adlandırılır: zor bir makine öğrenmesi sorunu, kullanıcının günlük pratiğiyle örtüşecek şekilde bir arayüz tasarımı sorununa dönüştürülür ve böylece sorunun asıl çözümü, kullanıcının farkında olmadığı emeğine devredilmiş olur (Mühlhoff, 2025: s.45).

Kullanıcıların bu sürece nasıl dahil olduğu, Michel Foucault'nun özne-oluşturma kavramıyla daha somut hâle gelir; Foucault (1982: s.777-778), iktidarın bireyleri yalnızca dışsal ve nesneleştirici müdahalelerle değil, bir insanın kendini özne olarak inşa etme biçimleri aracılığıyla da şekillendirdiğini gösterir. Mühlhoff'un (2025) izinden gidersek, dijital medya kültürü, arayüzleri, kullanım pratikleri ve alışkanlık üreten tasarımlarıyla, bireylerin algılarını ve gündelik tercihlerini tam olarak bu türden bir süreçten geçirerek biçimlendirir. Pratikte bunun sonucu somuttur: kullanıcılar akıllı telefonlarını, sosyal medya profillerini ya da sağlık takip uygulamalarını kullandıkça, farkında olmadan yapay zekâ sistemlerinin veri kaynağı hâline gelir; bu katkı bilinçli bir tercihten değil, gündelik kullanım alışkanlıklarının doğal bir sonucundan doğar.

İnsan ve makine arasındaki faillik, ikisinden birine indirgenebilir bir özellik değil, karşılıklı bir bağımlılık ve iç içe geçmişlik ağında ortaya çıkan ilişkisel bir durum olarak da okunabilir; bu ağ "simbiyotik ve aporetik" bir yapı taşır, çünkü taraflar birbirini karşılıklı olarak kurar, ama bu birliktelik hiçbir zaman tam bir çözüme kavuşmaz (Ceran Karataş, 2024: s.73). Bu bakış açısı, "kim fail?" sorusunun tekil bir özneye değil, bizzat ağın kendisine yöneltilmesi gerektiğini gösterir; Mühlhoff'un İnsan Destekli Yapay Zekâ tezinin vardığı sonuçla da örtüşen bir tespittir.

Sonuç olarak, İnsan Destekli Yapay Zekâ paradigması, yapay zekânın etkisini yalnızca büyük teknoloji şirketlerinin merkezileşmesinde değil, milyonlarca kullanıcı ile cihazları arasındaki sayısız gündelik etkileşimin toplamında arar (Mühlhoff, 2025: s.46). Bu, yapay zekâ etiğine yönelik köklü bir perspektif dönüşümüdür: etik sorumluluğun odak noktası artık tekil bir failin niyeti değil, gündelik kullanımın yarattığı kolektif etkidir.

2. İkiz Dönüşümün Etik Aynası: Yapay Zekâ ve İklim Krizinin Paylaştığı Yapısal Sorun

Yapay zekâ etiğinin karşılaştığı yapısal sorun, aslında çağımızın bir diğer büyük etik meselesiyle, iklim krizi tartışmasıyla, açık bir paralellik taşır (Mühlhoff, 2025: s.16-17). İklim etiğinde uzun süredir tartışılan bir açmaz, bu paralelliğin zeminini oluşturur: bireysel karbon emisyonlarının küresel iklim değişikliğine katkısı ölçülemeyecek kadar küçük olsa da, milyonlarca bireysel eylemin toplamı kümülatif ve geri döndürülemez bir zarara yol açmaktadır (Hourdequin, 2010: s.443-444). Bu durumda bireysel ahlaki yükümlülüğü yalnızca nedensel katkı hesabıyla temellendirmek yetersiz kalır; sorumluluk, kolektif eylem sorunlarına özgü ayrı bir mantıkla ele alınmalıdır (Hourdequin, 2010: s.447). Yapay zekâ ile iklim krizi arasındaki bu yapısal benzerlik, her iki alanda da "suçlu" aramanın beyhude olduğunu gösterir; sorun, tek başına ele alındığında masum görünen milyonlarca davranışın toplamından doğan yapısal bir olgudur.

Mühlhoff, Brand ve Wissen'in "emperyalist yaşam tarzı" (imperial mode of living) kavramından yararlanarak çarpıcı bir paralellik kurar (Brand ve Wissen'den aktaran Mühlhoff, 2025: s.17). Küresel Kuzey'deki insanlar, kaynak tüketimi ve iklim değişikliği açısından bu yaşam tarzını çoğunlukla farkında olmaksızın yeniden üretir; benzer biçimde, dijital medyayla ilişkimizde kültürel olarak kodlanmış bir hak duygusu ve özen eksikliği, yapay zekâ kapitalizminin küresel etkilerine zemin hazırlamaktadır. Her iki kriz de bireysel kötü niyetin değil, yapısal olarak biçimlendirilmiş, geniş ölçekte paylaşılan kolektif öznelliklerin ürünüdür. Bu yapısal benzerlikten doğan ortak etik tuzak sorumlulaştırmadır (responsibilisation). İklim etiğinde bu eğilim, hükümetlerin ve büyük sanayinin yükümlülüğünü bireysel tüketim tercihlerine havale eder; karbon ayak izini hesaplamak, geri dönüşüm yapmak, sürdürülebilir tüketmek gibi çağrılarla somutlaşır. Bu söylemin altındaki mantık, yapısal sorumluluğu bireysel seçime indirger ve gerçek gücün biriktiği yeri, yani büyük sanayi aktörlerini ve düzenleyici boşlukları, tartışmanın gündeminden çıkarır. Yapay zekâ etiğinde aynı mantık, gizlilik ayarlarını yönetmek ya da hangi uygulamaya izin verildiğine dikkat etmek gibi bireysel önlem çağrıları biçiminde tezahür eder.

Sorumlulaştırma mekanizmasının kamuoyu düzeyinde nasıl işlediğine dair çarpıcı bir ampirik kanıt, deneysel bir çalışmadan gelir: yapay zekânın çevresel etkisine dair olumlu çerçevelenmiş bilgi, katılımcılarda düzenlemeye desteği azaltıp bireysel tüketim tercihlerine yönelik olumlu tutumu artırırken, olumsuz çerçeveleme tam tersi bir

etki yaratmaktadır (Brodeur vd., 2025: s.2, 6). Bu bulgu, mesajlaşma ve çerçeveleme biçiminin toplumun yapısal düzenlemeye mi yoksa bireysel davranış değişikliğine mi yöneleceğini doğrudan etkilediğini gösterir ve sorumlulaştırma eleştirisinin güncel bir örnekle doğrulanmasını sağlar.

İkiz dönüşüm gündeminin etik tutarlılığı tam da bu noktada sınanmaktadır: sürdürülebilirlik alanında yapısal düzenleme ve kolektif eylem talep edilirken, yapay zekâ etiğinde bireysel ahlaki faillikte ısrar edilmesi hem pratik hem teorik açıdan sürdürülemez bir çelişkidir.

3. Yapısal Adaletsizlikten Kolektif Failliğe: Arendt, Young ve Mühlhoff

Yapay zekâ etiğinin bu tablo karşısında nasıl bir yol izlemesi gerektiğine dair Mühlhoff'un yanıtı nettir: kolektif faillik zemininde kurulan bir kolektif sorumluluk anlayışı (2025: s.161-162). Ancak bu geçişin nasıl anlaşılması gerektiği, geçişin kendisi kadar önemlidir ve başlıca iki düşünürden beslenir. Hannah Arendt'e göre kolektif sorumluluk, bir kişinin kendi işlemediği bir eylemden sorumlu tutulmasını ve bu sorumluluğun kaynağının, kendi isteğiyle çözemeyeceği bir topluluğa üyeliği olmasını gerektirir; bu bakımdan suç kavramından temelden ayrılır, çünkü suç yalnızca bireyselleştirilebilir, oysa sorumluluk toplulukla birlikte taşınabilir (Arendt, 2003: s.147-148). Bu ayrım, kolektif sorumluluğu geçmişe dönük bir fail arayışından çıkarıp geleceğe yönelik siyasi bir yükümlülüğe dönüştürür: mesele kimin ne yaptığını tespit etmek değil, geleceğin ortak düzenine hangi sıfatla katılınacağıdır (Nelson, 2021: s.499-500).

Yapısal eşitsizliklerden doğan sorumluluk, bireysel suçluluktan bağımsız, kolektif bir siyasi görev olarak da tanımlanabilir (Young, 2011: s.105). Adalet teorileri geleneksel olarak dağıtıcı bir paradigma içinde, yani kimin ne kadar kaynağa sahip olduğu sorusu etrafında şekillenmiştir; oysa yapısal adaletsizlik, toplumsal süreçlerin bazı grupları sistematik biçimde tahakküm altında tutup kapasitelerini geliştirmelerini engellerken, aynı süreçlerin başka grupları tahakkümü uygulayan konuma sokup onların kapasitelerini genişletmesiyle ortaya çıkar (Young, 2011: s.52; Özdemir, 2020: s.249). Bu çerçevede geliştirilen "sosyal bağlantı modeli", bir yapıya katılmanın, o yapıya ilişkin niyet ya da kusur düzeyinde bir ihlal söz konusu olmasa dahi, o yapının sonuçlarından kolektif olarak sorumlu olmayı gerektirebileceğini öne sürer; bu model, faili tekleştiren sorumluluk modelinden farklı olarak izole edici değildir, arka plan koşullarını da değerlendirmeye alır ve ileriye dönüktür (Young, 2011: s.105-106). Modelin gücü, iktidarı yalnızca dağıtıcı bir mesele olarak ele almak yerine, tahakkümün kendisini görünür kılmasında yatar (Özdemir, 2020: s.249).

Iris Marion Young'ın sosyal bağlantı modeli, kolektif sorumluluğu bireysel katkıların toplamı olarak değil, ilişkisel bir yapı olarak kurar. Bu tartışmaların ortak paydası, sorumluluğun kimin payına düştüğünden önce, failliğin nasıl paylaşıldığı sorusudur. Mühlhoff da benzer bir ayrımı yapay zekâ bağlamında işler ve kolektif sorumluluğu "dağıtılmış sorumluluk"tan (distributed responsibility) titizlikle ayırır (2025: s.162). Dağıtılmış sorumluluk anlayışına göre toplam eylem, bireysel katkıların kümülatif toplamıdır; her kullanıcı kendi payını taşır ve toplam zarar bu payların birikiminden ibarettir. Yapay zekâ sistemlerinde ise durum farklı işler, çünkü kullanıcıların paylaşılan davranışı yapay zekâyı kümülatif bir birikimle değil, bir kalabalık dinamiğiyle mümkün kılar ve bütün, parçaların toplamından daha büyük hâle gelir; hiçbir bireysel davranış bu sistemi tek başına ne kurabilir ne de yıkabilir (Mühlhoff, 2025: s.162).

"Kodun ahlakı" kavramı, bu tartışmaya tamamlayıcı bir boyut ekler. Yapay zekâ, klasik anlamda etik fail olma koşullarını karşılamasa da, toplumsal yapılar içindeki işlevi itibarıyla karar süreçlerini şekillendiren ve normları dönüştüren bir normatif aktör olarak görülebilir. Bu aktörlük, doğrudan faillikten çok, etik sonuçlar doğuran dolaylı müdahaleler üzerinden gerçekleşir; bu nedenle vatandaşların hangi verilerle hangi algoritmalar tarafından değerlendirildiğini öğrenme ve itiraz etme hakkının güvence altına alınması, yani algoritmik şeffaflık hakkı, kolektif sorumluluğun kurumsal bir bileşeni olarak önerilir (Söğüt ve Şerbetçioğlu, 2025: s.33).

Kolektif sorumluluk anlayışının pratikte iki temel ilkesi vardır. Birincisi, sorumluluk olmaksızın sorumlulaştırma karşıtlığıdır; bireyler tüketim davranışlarını değiştirmeye zorlanmak yerine, kolektif bir siyasi topluluğun üyeleri olarak konumlandırılır. İkincisi, paternalizm olmaksızın siyasi eylemdir; etik söylem insanları yargılamaz ya da suçlamaz, onları vatandaş kimlikleriyle kendi etik ve siyasi failliklerini fark ederek eyleme geçmeye davet eder (Mühlhoff, 2025: s.163-168).

4. Dönüşen Etik Paradigmanın Pratik ve Politik Yansımaları

Kolektif faillik zemininde kurulan bu sorumluluk anlayışının pratikteki karşılığı, bireyleri suçlamak yerine yapısal mekanizmaları görünür kılmaktır; yapay zekânın toplumsal eşitsizlikleri nasıl pekiştirdiği, dijital altyapının taşıdığı gerçek maliyet, kamuoyunun gündemine taşınmalıdır. Bu yaklaşım, kullanıcıları tüketim tercihlerini

değiştirmeye zorlamak yerine, onları kolektif bir topluluğun üyeleri olarak konumlandırır ve yapısal düzenlemeyi bireysel farkındalığın önüne koyar; tıpkı iklim krizinde bireysel "yeşil tüketim" çağrılarının değil, kapsayıcı düzenlemelerin belirleyici olması gibi (Hourdequin, 2010: s.443).

Kullanıcıların sıklıkla sergilediği yenilgici ya da sinik tutumlar da bu konumlanışla birlikte okunmalıdır. Büyük teknoloji şirketleri karşısında yapabilecek bir şey olmadığı düşüncesi, bireysel bir ahlaki zaafiyetten değil, çağdaş dijital medya kültürünün ürettiği bir konumlanıştan kaynaklanır. Yapay zekâ kendinde tarafsız bir yapı arz eder; onun birey ve toplum yaşamına yapıcı ya da yıkıcı etkisi, onu tasarlarken ve kullanırken benimsenen etik tercihlerle doğrudan bağlantılıdır (Yeşilkaya, 2022: s.959). Eleştirel bir yapay zekâ etiği, bu nedenle yenilgici ve sinik tutumları yargılamak yerine anlamalı, kullanıcıları sahip oldukları etik ve siyasi failliği fark ederek kolektif eyleme geçmeye teşvik etmelidir.

Kolektif faillik ve sorumluluğun bu şekilde konumlandırılması, bireysel farkındalığın ötesinde bir kurumsal karşılığı da gerektirir. Yapay zekâ endüstrisinin kendi kendini düzenleme çabaları ile Avrupa Birliği'nin bağlayıcı Yapay Zekâ Yasası gibi düzenleyici modeller arasındaki gerilim, günümüzde hâlâ çözülmemiş bir tartışma alanıdır; düzenleyici boşlukların yalnızca bireysel "sorumlu kullanım" çağrılarıyla değil, ancak bu tür bağlayıcı kurumsal mekanizmalarla kapatılabileceği giderek daha açık bir biçimde görülmektedir (Kostanyan, 2024: s.4).

Sonuç

Yapay zekâ etiğinin ahlaki failleri, bir bakıma hepimiz, bir bakıma hiçbirimizdir. Bu paradoks, ikiz dönüşümün etik boyutunu da tam anlamıyla özetler; bireysel davranış önemini korur, ancak bireysel ahlaki yeterliliğin sınırları, sistemik dönüşümün gereğini ortadan kaldırmaz.

Çalışma boyunca üç dönüşüm savunulmuştur. Birincisi, odağın tekil ahlaki failden, kolektif faillik zemininde kurulan yapısal bir eleştiriye kaymasıdır. İkincisi, zaman perspektifinin değişmesidir; geçmişteki zararlar için fail arayan bir bakıştan, geleceğin teknolojik düzenine katılımı önceleyen öngörücü bir tutuma geçilmiştir. Üçüncüsü, etiğin alanının genişlemesidir; mesele artık yalnızca özel bir ahlak sorunu değil, birlikte içinde yaşadığımız dijital ve ekolojik düzenin nasıl şekilleneceğine dair ortak bir sorudur.

İkiz dönüşüm bu değişim için hem bir tehdit hem bir fırsat taşır. Tehdit, her iki alanda da bireyci sorumluluk söyleminin, yapısal sorunları bireysel seçime havale eden dar bir çerçevede sıkışıp kalmasıdır. Fırsat ise dijitalleşme ile sürdürülebilirliği birlikte ele alan bu gündemin, iki alan arasındaki ortak etik zemini görünür kılarak kolektif faillik ve sorumluluk anlayışının inşası için elverişli bir alan açmasıdır.

Yapay zekâ etiğinde gerçekten dönüştürücü ve sürdürülebilir bir yaklaşım, kullanıcıları yalnızca veri sağlayıcılar olarak değil, kolektif faillik üstlenebilen ahlaki özneler olarak yeniden düşünmeyi zorunlu kılar. Bu hem kavramsal bir tez hem de ortak bir davettir. İnsan ile makine arasındaki failliğin ilişkisel doğası, bu failliğin ördüğü simbiyotik ağla birlikte düşünüldüğünde, geleceğin yapay zekâ etiğinin görevi netleşir: tek bir fail arayan bir etikten, ağı ve bu ağın içindeki konumlanışları görünür kılan bir etiğe geçilmesi gerekir.

Kaynakça

Arendt, H. (2003). "Collective Responsibility". J. Kohn (Ed.). *Responsibility and Judgment* (s. 147-158). New York: Schocken Books.

Brodeur, A., Cook, N. ve Valenta, D. (2025). "Perceptions of Artificial Intelligence and Environmental Sustainability" (IZA Discussion Paper No. 18263). Bonn: IZA Institute of Labor Economics.

Ceran Karataş, Y. (2024). "İnsan Makine Eylem: Simbiyotik ve Aporetik Bir Ağ". *Felsefe Dünyası*, 79: 71-96.

Foucault, M. (1982). "The Subject and Power". *Critical Inquiry*, 8(4): 777-795.

Hourdequin, M. (2010). "Climate, Collective Action and Individual Ethical Obligations". *Environmental Values*, 19(4): 443-464.

Kostanyan, H. (2024). *AI Compact: Industry-Driven AI for All*. Washington, DC: American Enterprise Institute.

Larson, E. J. (2022). *Yapay Zekâ Miti*. (Çev.Kadir Yiğit Us). Ankara: Fol Yayıncılık.

Mühlhoff, R. (2025). *The Ethics of AI: Power, Critique, Responsibility*. Bristol: Bristol University Press.

Nelson, P. (2021). "Responsibility". P. Gratton ve Y. Sari (Ed.). *The Bloomsbury Companion to Arendt* (s. 498-506). London: Bloomsbury Academic.

Özdemir, N. (2020). "Iris Marion Young Teorisine Genel Bir Bakış: Yapısal Adaletsizlik ve Adaletsizlikten Sorumluluğa İlişkin Sosyal Bağlantı Modeli". *TBB Dergisi*, 146: 247-276.

Söğüt, Y. ve Şerbetçioğlu, N. (2025). "Kodun Ahlakı: Yapay Zekâda Etik Faillik, Otorite ve Toplumsal Eylem Üzerine". *Cihannüma Sosyal Bilimler Akademi Dergisi*, 3(2): 12-38.

Umut, T. N. (2023). *Failliği Yeniden Düşünmek: Teknolojilerin Failliği, Ahlaki Failliği Üzerine*. İstanbul: Eskiyeni Yayınları.

Yeşilkaya, N. (2022). "Yapay Zekâya Dair Etik Sorunlar". *Şarkiyat İlmi Araştırmalar Dergisi*, 14(3): 948-963.

Young, I. M. (2011). *Responsibility for Justice*. New York: Oxford University Press.

SPOR TAHKİMİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: ÇEVRİM İÇİ YARGILAMA, YAPAY ZEKÂ VE ADİL YARGILANMA HAKKI

DIGITAL TRANSFORMATION IN SPORTS ARBITRATION: ONLINE ADJUDICATION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AND THE RIGHT TO A FAIR TRIAL

Dr. Öğr. Üyesi Tolga HANAYOĞLU[1]

Özet

Sporun küreselleşmesi ve devasa ticari hacmi, uyuşmazlık çözüm süreçlerinde hız ve uzmanlaşmayı zorunlu kılan temel unsurlardır. Hukuk 4.0 olarak nitelendirilen dijitalleşme süreci, spor tahkimini çevrim içi yargılama ve yapay zekâ destekli analiz sistemleri aracılığıyla kökten dönüştürmektedir. Bu çalışma, CAS ve TFF bünyesindeki dijital araçların AİHS kapsamındaki adil yargılanma hakkı üzerindeki etkilerini detaylıca incelemektedir. Yapay zekânın sunduğu usul ekonomisi avantajları; algoritmik önyargı, "kara kutu" şeffaflık sorunu ve otomasyon yanlılığı gibi yapısal risklerle karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir. Özellikle Yarı Otomatik Ofsayt Sistemi ve Tutarlılık İzleme Modülü gibi teknik uygulamaların delil niteliği ile savunma hakkı arasındaki gerilim, yargı bağımsızlığı ve gerekçeli karar hakkı çerçevesinde sorgulanmaktadır. Araştırma sonucunda, yapay zekânın doğrudan karar verici yerine insan hakemleri destekleyen yardımcı bir mekanizma olarak konumlandırıldığı "hibrit model" önerilmektedir. Nihai takdir yetkisinin insan denetiminde kalması ve algoritmik şeffaflığın yasal güvencelerle korunması, dijital spor hukukunda adaletin tecellisi için kritik bir zorunluluktur.

Anahtar kelimeler: *Spor Tahkimi, Yapay Zekâ, Adil Yargılanma Hakkı, Dijital Dönüşüm, Algoritmik Şeffaflık.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, tolga.hanayoglu@yobu.edu.tr

Abstract

The globalization and immense commercial volume of sports have rendered speed and specialization indispensable in dispute resolution. The digitalization process, conceptualized as Law 4.0, is fundamentally transforming sports arbitration through online proceedings and AI-supported analysis systems. This study examines the impact of digital tools within the Court of Arbitration for Sport (CAS) and the Turkish Football Federation (TFF) on the right to a fair trial under the ECHR. The procedural economy advantages of AI are analyzed comparatively against structural risks such as algorithmic bias, "black box" transparency issues, and automation bias. Specifically, the tension between the evidentiary nature of systems like Semi-Automated Offside Technology and the right to defense is scrutinized regarding judicial independence and reasoned decisions. Consequently, the research proposes a "hybrid model" where AI functions as an auxiliary mechanism supporting human arbitrators rather than a primary decision-maker. Maintaining final judicial discretion under human supervision and securing algorithmic transparency through legal safeguards are vital for ensuring justice in digital sports law.

Keywords: *Sports Arbitration, Artificial Intelligence, Right to a Fair Trial, Digital Transformation, Algorithmic Transparency.*

1. Giriş

Milenyumun ilk çeyreğinde tanıklık ettiğimiz Dördüncü Sanayi Devrimi, fiziksel, dijital ve biyolojik dünyalar arasındaki sınırların giderek muğlaklaştığı teknolojik bir kırılma noktasını temsil etmektedir. Bu süreçte ortaya çıkan teknolojik ivme, toplumsal yaşamın her kademesinde olduğu gibi, doğası gereği daha muhafazakâr ve katı usul kurallarına bağlı olan hukuk sistemlerinde de köklü bir paradigma değişimini zorunlu kılmıştır (Bolayır, 2023; Selçuk, 2025). Özellikle bilgi teknolojilerinin sunduğu hız, hacim ve çeşitlilik parametreleriyle tanımlanan "büyük veri" olgusu, yargısal faaliyetlerin işleyiş biçimini değiştirerek "Hukuk 4.0" olarak adlandırılan yeni bir evrenin kapılarını aralamıştır (Singil, 2022). Günümüzde algoritmalardan ve veri setlerinden bağımsız bir hukuk pratiği düşünmek giderek zorlaşmaktadır. Nitekim Allen & Overy gibi küresel ölçekli hukuk devlerinin, GPT-4 altyapısı üzerine inşa edilen "Harvey" isimli yapay zekâ platformunu binlerce avukatın kullanımına sunması, hukukun dijitalleşmesinin sadece bir öngörü değil, somut bir gerçeklik olduğunu kanıtlamaktadır. Bu platforma yöneltilen on binlerce hukuki sorunun tutarlı ve kapsamlı yanıtlarla karşılanması, teknolojinin hukuk sektöründeki dönüştürücü gücünü açıkça ortaya koymaktadır (Law Sites, 2023).

Yapay zekânın hukuk alanındaki izdüşümleri yalnızca metin üretimi veya danışmanlıkla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda karmaşık yargısal kararların öngörülmesi süreçlerine de sirayet etmektedir. Katz ve ark. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, Yüksek Mahkeme kararlarının yapay zekâ modelleri tarafından %70'in üzerinde bir doğruluk payıyla tahmin edilebilmesi, algoritmik sistemlerin karar destek mekanizmalarındaki potansiyelini gözler önüne sermektedir. Bu dijital dalga, uyuşmazlıkların hızlı ve uzmanlaşmış bir biçimde çözülmesini gerektiren spor hukukunu da doğrudan etkisi altına almıştır. Sporun küreselleşmesi ve ticari hacminin milyarlarca dolara ulaşması, uyuşmazlık çözüm süreçlerinde geleneksel yöntemlerin ötesine geçilmesini zorunlu kılmıştır (Blackshaw, 2021). Sporcu kariyerlerinin kısalığı ve spor müsabakalarının sıkışık takvimi, "gecikmiş adaletin adalet olmadığı" ilkesinin bu alanda en somut şekilde hissedilmesine neden olmaktadır (Selçuk, 2025).

Özellikle COVID-19 pandemisiyle birlikte ivme kazanan dijital dönüşüm, Spor Tahkim Mahkemesi (CAS) ve çeşitli ulusal tahkim kurullarının işleyişinde devrim niteliğinde değişikliklere yol açmıştır. Pandemi döneminde yerleşik bir uygulama haline gelen çevrim içi duruşmalar ve yapay zekâ destekli veri analiz sistemleri, usul ekonomisi açısından büyük avantajlar sunmaktadır (Çakır ve ark., 2024). Ancak bu teknolojik ilerleme, yargılamanın hızı ve verimliliği noktasında sunduğu vaatlerin yanı sıra, Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'nin (AİHS) 6. maddesinde güvence altına alınan "adil yargılanma hakkı" çerçevesinde yeni hukuki tartışmaları ve riskleri de beraberinde getirmektedir (Yüzer Eltimur, 2022). Özellikle şeffaflık eksikliği ve algoritmik önyargılar, dijital adaletin önündeki en büyük engeller olarak dikkat çekmektedir.

AİHS'in 6. maddesi, demokratik bir toplumun temeli olan bağımsız ve tarafsız bir mahkeme tarafından, makul sürede, kamuya açık ve adil bir şekilde yargılanma hakkını tesis etmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin spor tahkiminde gerek karar verici gerekse karar destek mekanizması olarak konumlandırılması, bu hakkın temel unsurları üzerinde birtakım kırılganlıklar yaratmaktadır. Bu riskler şu üç temel başlık altında değerlendirilebilir:

-İnsan Hâkim/Hakem Hakkı ve Gerekçelendirme: Mevcut AİHM içtihatları henüz açık bir yapay zekâ tarafından yargılanmama hakkı tanımlamamış olsa da, yargılamanın yasayla kurulmuş bir mahkeme tarafından yürütülmesini zorunlu kılmaktadır. Yapay zekâ algoritmalarının, karmaşık matematiksel işlemler nedeniyle dışarıdan gözlemlenemeyen kara kutu yapısı, yargı kararlarının denetlenebilir ve anlaşılabilir gerekçelere dayanması ilkesiyle temelden çelişme riski taşımaktadır (Rigozzi & Quinn, 2023).

-Silahların Eşitliği İlkesi: Teknolojik dönüşüm, kaynaklara erişim noktasında yeni bir adaletsizlik zemini oluşturabilmektedir. Yapay zekâ destekli gelişmiş veri analizi araçlarına ve sofistike algoritmalara erişebilen yüksek bütçeli kulüpler ile bu imkânlardan yoksun olan bireysel sporcular arasındaki güç dengesizliği, "silahların eşitliği" ilkesini zedeleyebilecek niteliktedir (Mavromati & Reeb, 2022).

-Bağımsızlık, Tarafsızlık ve Algoritmik Önyargı: Algoritmaların tasarımcılarının bilinçli veya bilinçsiz tercihleri ya da eğitim veri setlerinde yer alan tarihsel eşitsizlikler, algoritmik önyargı sorununa yol açmaktadır. Bu durum, tarafsız bir yargılamanın önündeki en kritik teknik ve hukuki engel olarak karşımıza çıkmaktadır.

Henüz spor tahkiminde doğrudan yapay zekâ kullanımına dair spesifik bir AİHM kararı bulunmasa da *Mutu ve Pechstein v. İsviçre (2018)* kararı, bu alandaki dijital dönüşümün sınırlarını çizmek açısından bir fener niteliğindedir. Söz konusu kararda mahkeme, CAS'ın AİHS 6. madde kapsamındaki bağımsızlık, tarafsızlık ve özellikle de kamuya açık duruşma standartlarına riayet etmesi gerektiğini kesin bir dille teyit etmiştir (Mazzucco,

2022). Gelecekte, yapay zekâ uygulamalarının sunduğu "gerekçelendirme" ve şeffaflık sorunlarının, bu kararda vurgulanan ilkeler ışığında yargısal denetime tabi tutulacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda, Avrupa Konseyi Yargının Etkinliği İçin Avrupa Komisyonu (CEPEJ, 2018) tarafından kabul edilen "Yargı Sistemlerinde Yapay Zekânın Kullanılmasına İlişkin Etik Şart", yargısal süreçlerde nihai kararın daima bir insan denetiminden geçmesi gerektiğini vurgulayarak, dijitalleşme ile insan hakları arasındaki dengeyi korumaya çalışmaktadır.

2. YAPAY ZEKA TÜRLERİ VE SPOR TAHKİMİNDE DİJİTALLEŞME

Yapay zekâ en temel tanımıyla, insan zekâsına özgü olan öğrenme, akıl yürütme, tümdengelim, problem çözme ve karmaşık veriler üzerinden stratejik karar verme gibi bilişsel süreçlerin algoritmalar ve gelişmiş yazılım mimarileri aracılığıyla makineler tarafından taklit edilmesini sağlayan teknolojiler bütünüdür. Hukuk doktrininde ve teknoloji literatüründe bu sistemler, sahip oldukları yetkinlik düzeyine göre hiyerarşik bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır. Bu kapsamda; yalnızca belirli ve sınırları çizilmiş bir görev alanında uzmanlaşan yapay dar zekâ insanın tüm bilişsel yeteneklerini her türlü bağlamda sergileyebilen yapay genel zekâ ve nihayetinde insan zekâsını her alanda ve hızda geride bırakan yapay süper zekâ ayrımı önem arz etmektedir (Singil, 2022; Ekici, 2025, Mücahit Küçük, 2024).

Teknik kapasite ve veri işleme biçimlerine göre yapılan bir diğer ayrımda ise sistemler; geçmiş deneyimlerden ders çıkarmayan tepkisel makineler verileri geçici süreyle saklayıp karar süreçlerine dâhil eden sınırlı hafızalı sistemler insan duygularını anlama iddiasındaki zihin sistemi teorisi ve henüz teorik aşamada olan öz farkındalık sistemleri olarak tasnif edilmektedir. Günümüz spor yargılaması ve genel hukuk pratiğinde kullanılan dijital asistanlar, ekseriyetle tepkisel" veya sınırlı hafızalı sistemler kategorisinde yer alan; içtihat taraması, belge analizi ve metin yapılandırma gibi işlevleri yerine getiren dar kapsamlı araçlardır (Singil, 2022; Birtane, 2024, Ekici, 2025).

Spor tahkimi, spor paydaşları arasındaki uyuşmazlıkların genel mahkemelerin hantallığından arındırılmış, uzmanlaşmış ve tarafsız hakem heyetleri eliyle çözüldüğü bir alternatif uyuşmazlık çözüm yoludur (Çakır ve ark., 2024). Dijital devrim, bu süreci fiziksel mahkeme salonlarından dijital platformlara taşıyarak köklü bir dönüşüme uğratmıştır. Bu evrim süreci; ilk aşamada video konferans teknolojileriyle icra edilen duruşmalarla başlamış, ardından delillerin manipülasyondan korunması için blok zinciri tabanlı dağıtık veri tabanı sistemlerinin entegrasyonuna kadar uzanmıştır (Selçuk, 2025).

Gelinen noktada, Uluslararası Spor Tahkim Mahkemesi (CAS) başta olmak üzere pek çok tahkim kurumu, karar taslaklarının yapay zekâ asistanları tarafından hazırlanması ve veri setleri üzerinden uyuşmazlık analizi yapılması süreçlerine ciddi yatırımlar yapmaktadır (Çakır ve ark., 2024). Bu dijitalleşme hamlesi, sadece usulü kolaylaştırmakla kalmamakta, aynı zamanda uyuşmazlıkların çözümünde teknik verinin rolünü hukukî muhakemenin merkezine yerleştirmektedir (Selçuk, 2025).

Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'nin (AİHS) 6. maddesiyle koruma altına alınan adil yargılanma hakkı; davanın yasayla kurulmuş, bağımsız ve tarafsız bir mahkeme önünde, kamuya açık ve makul bir süre içinde sonuçlandırılmasını zorunlu kılar (Singil, 2022; Selçuk, 2025). Makul süre kriteri; davanın karmaşıklığı, tarafların yargılama sürecindeki tutumu ve uyuşmazlığın taraflar için taşıdığı hayati önem gibi parametreler ışığında değerlendirilmektedir (Singil, 2022). Spor hukuku özelinde ise bu kavram, genel hukuk dallarından çok daha kritik bir anlama sahiptir. Sporcuların profesyonel kariyerlerinin biyolojik sınırları ve müsabaka takvimlerinin yoğunluğu göz önüne alındığında, yargılama sürecindeki en küçük bir gecikme dahi telafisi imkânsız hak kayıplarına yol açabilmektedir (Çakır ve ark., 2024). Dolayısıyla yapay zekânın vaat ettiği hız adil yargılanma hakkının bir alt unsuru olan makul sürede yargılanma ilkesinin tesisi için hayati bir fırsat olarak görülmektedir.

Türkiye Futbol Federasyonu (TFF), dijitalleşmeyi sadece idari bir süreç olarak değil, aynı zamanda disiplin ve hakemlik süreçlerinde bir denetim mekanizması olarak kurgulamaktadır. Bu doğrultuda Merkez Hakem Kurulu (MHK) tarafından devreye alınan "Tutarlılık İzleme Modülü" (TİM), hakemlerin müsabaka esnasında verdikleri kararları IFAB kuralları ve merkezi veri setleri üzerinden otomatik olarak analiz etmektedir (TFF, 2025). Sistemin sunduğu "hata ve tutarlılık" raporları, hakem performanslarını standardize etmeyi ve disiplin kurullarına sunulan raporların doğruluğunu maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Ancak bu durum, hukuk literatüründe "teknik delilin mutlaklığı" tartışmasını beraberinde getirmekte; makine çıktılarının insan muhakemesinin ne ölçüde önüne geçebileceği sorusunu gündeme taşımaktadır.

TFF'nin Süper Lig bünyesinde uygulamaya koyduğu Yarı Otomatik Ofsayt Sistemi (SAOT), yapay zekâ destekli görüntü işleme teknolojileri aracılığıyla insan hatasını asgariye indirmeyi hedefleyen bir dijitalleşme örneğidir. Hukuki perspektiften bakıldığında, SAOT tarafından üretilen veriler disiplin ve tahkim kurullarında "kesin delil"

mahiyetinde kabul edilmektedir (Mustafa Özdemir Hukuk Bürosu, 2025). Bu durum, bir uyuşmazlıkta tarafların delillere karşı çıkma ve savunma yapma haklarını, teknik bir algoritmanın hatasızlığı varsayımı karşısında oldukça dar bir alana hapsetmektedir. Bu bağlamda, savunma hakkının teknik bir tartışmaya indirgenmesi, adil yargılanma hakkının unsurlarından biri olan "silahların eşitliği" ilkesi açısından dikkatle incelenmesi gereken bir risk teşkil etmektedir.

Spor tahkimini genel yargıdan ayıran en temel karakteristik özelliklerden biri hız ilkesidir. CAS Code (2023) R52 hükmü uyarınca, sporun doğası gereği uyuşmazlıkların ivedilikle çözülmesi yasal bir zorunluluktur (Court of Arbitration for Sport [CAS], 2023). Yapay zekâ teknolojileri, bu ivedilik şartını sağlamak adına iki ana eksende devrimsel bir rol oynamaktadır.

Yapay zekânın hızı artırdığı ilk alan, dava yönetimi ve geçmiş içtihatların analizidir. On binlerce sayfadan oluşan CAS arşivleri ve geçmiş hakem kararları, YZ algoritmaları sayesinde saniyeler içinde taranarak ilgili emsallerin hakemlerin önüne getirilmesini sağlamaktadır (Balancing Tech and Tradition, 2022). Bu durum, karar yazım sürecini dramatik bir şekilde kısaltırken, kararlar arasındaki tutarlılığı da artırmaktadır.

İkinci olarak, Öngörücü Adalet sistemleri, dava henüz başlama aşamasındayken olası sonuçları mevcut veri setlerine dayanarak taraflara sunabilmektedir (DCA Hukuk, 2026). Bu sistemler, davanın kaybedilme veya kazanılma ihtimalini rasyonel bir biçimde ortaya koyarak tarafları sulh olmaya veya arabuluculuğa teşvik etmekte; böylece tahkim kurullarının iş yükünü hafifletmektedir. Ancak, Rigozzi ve Quinn (2023) tarafından vurgulandığı üzere, bu hız tutkusu tarafların dinlenilme hakkı ve hak arama hürriyeti ile hassas bir şekilde dengelenmelidir; zira sadece hıza odaklanan bir yargılama, adaletin kendisinden ödün verilmesi sonucunu doğurabilir.

3. DÜNYADAN VE TÜRKİYE'DEN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Dünya spor hukukunun nihai ve en yüksek yargı mercii konumunda bulunan Uluslararası Spor Tahkim Mahkemesi (CAS), özellikle son yıllarda artış gösteren karmaşık disiplin vakaları, finansal uyuşmazlıklar ve çok uluslu transfer dosyaları karşısında yapay zekâ (YZ) sistemlerini uyuşmazlık çözüm mekanizmalarına yardımcı birer unsur olarak entegre etmeye başlamıştır (Çakır ve ark., 2024). CAS bünyesinde YZ, özellikle dopingle mücadele süreçlerinde ve disiplin kurullarında, geçmişte verilmiş binlerce sayfalık kararı saniyeler içerisinde tarayıp analiz ederek hakem heyetleri için taslak raporlar hazırlama yeteneğine sahiptir. Bu dijital asistanlık süreci, sadece yargılama hızını artırmakla kalmamakta, aynı zamanda benzer vakalarda hukuki tutarlılığın korunmasına ve taraflar arasında silahların eşitliği ilkesinin teknolojik bir zemin üzerinde tesis edilmesine katkı sunmaktadır (Çakır ve ark., 2024).

Yapay zekâ teknolojisinin yargı sistemleri üzerindeki dönüştürücü gücünü gösteren en çarpıcı küresel veri setlerinden biri, Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi (AİHM) kararlarını tahmin eden algoritmik çalışmalarla ortaya konmuştur (Singil, 2022; Selçuk, 2025). 2016 ve 2020 yıllarında gerçekleştirilen akademik araştırmalar, YZ modellerinin AİHS'nin 3. (işkence yasağı), 6. (adil yargılanma hakkı) ve 8. (özel hayata saygı) maddeleri kapsamında açılan davaların sonuçlarını %75 ile %79 arasında değişen yüksek bir isabet oranıyla öngörebildiğini saptamıştır (Singil, 2022; Yüzer Eltimur, 2022; Selçuk, 2025). Bu durum, spor tahkiminde de benzer bir "öngörücü adalet" modelinin yerleşmesi halinde, uyuşmazlıkların daha dava aşamasına geçmeden taraflar arasında rasyonel bir temelde sulh ile sonuçlanabileceğine dair güçlü bir kanıt teşkil etmektedir.

Türkiye'de spor yargılamasının tepe kurumu olan TFF Tahkim Kurulu, henüz tam otonom bir yapay zekâ modelini karar verme süreçlerine doğrudan dâhil etmemiş olsa da Türkiye'nin adli sisteminde yer alan UYAP (Ulusal Yargı Ağı Projesi) ve SEGBİS (Ses ve Görüntü Bilişim Sistemi) gibi dijital altyapıların teknolojik çıktılarını kullanmaktadır (Birtane, 2024). Özellikle genel yargıda istinaf süreçlerindeki aidiyet kararlarında %88 oranında isabet sağlayan yerli yapay zekâ modellerinin geliştirilmesi, TFF bünyesindeki disiplin kurulları için de önemli bir referans noktası oluşturmaktadır. Bu altyapısal gelişim, disiplin süreçlerinde makul sürede yargılanma ilkesini destekleyecek ve insan hatasını minimize edecek dijital asistanların TFF ekosistemine dâhil edilmesinin önünü açmaktadır (Birtane, 2024; Selçuk, 2025).

Teknolojinin yargıdaki riskli yüzünü temsil eden en bilindik örnek, ABD ceza sisteminde kullanılan COMPAS (Alternatif Yaptırımlar İçin Düzeltme Suçlu Yönetimi Profili) yazılımıdır. Yapılan incelemelerde, bu yazılımın beslendiği veri setlerindeki dengesizlikler nedeniyle Afro-Amerikalı bireylere karşı sistematik bir önyargı ve ayrımcılık sergilediği tespit edilmiştir (Singil, 2022; Yüzer Eltimur, 2022). Spor tahkimi özelinde bu risk, verilerin kalitesiz veya taraflı olması durumunda, sporcular arasında "ayrımcılık yasağı" ihlallerinin teknolojik kılıflar altında meşrulaşabileceği uyarısını taşımaktadır (Yılmaz, 2021). Öte yandan Çin, 2017'den bu yana uyguladığı akıllı mahkemeler ile dava süreçlerini %65 oranında kısaltarak teknolojinin verimlilik boyutundaki üstünlüğünü

kanıtlamış, ancak bu durumun yargı bağımsızlığını mekanik bir sürece indirgeyip indirgemediği tartışmalarını körüklemiştir (Mücahit Küçük, 2024).

Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC), 2024 yılında yayımladığı "Olimpiyat Yapay Zeka Gündemi" ile sporun yönetiminde ve yargılanmasında teknolojinin merkezi bir rol oynayacağını resmen ilan etmiştir (International Olympic Committee [IOC], 2024). IOC'nin perspektifi, YZ'yi sadece saha içi performans ölçümü için değil, sporun dürüstlüğünü (integrity) korumak ve idari uyuşmazlıklarda adaleti tesis etmek için bir kaldıraç olarak tanımlamaktadır. Kurum, bu süreçte "insan merkezli" bir yaklaşımı savunarak, teknolojinin sporun ruhu olan etik değerlerle çatışmamasını birincil şart olarak koşmaktadır.

FIFA ve UEFA, yapay zekâ teknolojilerini saha içi uygulamaların (VAR, SAOT) ötesine taşıyarak, kurumsal disiplin süreçlerine entegre etmektedir. FIFA, özellikle transfer uyuşmazlıkları ve kulüp lisanslama denetimlerinde veri analiz sistemlerini kullanırken; UEFA, finansal sürdürülebilirlik (Financial Fair Play) denetimlerinde usulsüzlük tespiti için gelişmiş algoritmalarla çalışmaktadır. Ancak SAOT gibi sistemlerin çıktılarını disiplin kurullarında "mutlak ve tartışılamaz delil" olarak kabul etme eğilimi, savunma hakkının teknik bir algoritmaya karşı verilemeyecek kadar kısıtlı bir alana sıkışması riskini doğurmaktadır (Mustafa Özdemir Hukuk Bürosu, 2025).

Dünya Anti-Doping Ajansı (WADA), Biyolojik Pasaport verilerindeki mikro düzeydeki sapmaları tespit etmek ve potansiyel doping vakalarını proaktif olarak öngörmek adına YZ'yi stratejik bir araç olarak konumlandırmıştır (WADA, 2024). Basketbol Tahkim Mahkemesi (BAT) gibi hızın öncelikli olduğu yapılarda YZ, uyuşmazlık analizlerini hızlandırarak "makul süre" ilkesine hizmet etmektedir. E-spor alanında ise "anti-cheat" yazılımlarının otomatik olarak verdiği men kararları, "savunma alınmadan ceza verilmesi" ve kararın tamamen otonomlaşması tartışmalarının odak noktasını oluşturmaktadır (Çakır ve ark., 2024).

Dijital dönüşümün spor tahkimindeki en belirgin avantajı, binlerce sayfalık içtihat ve veriyi saniyeler içinde işleyerek yargılama süresini kısaltması ve adalete erişimi düşük maliyetli hale getirmesidir (Yüzer Eltimur, 2022; Selçuk, 2025). Ancak, yapay zekâ sistemlerinin "Siyah Kutu" (Black Box) olarak adlandırılan şeffaf olmayan yapısı, bir karara varılırken izlenen mantıksal yolun denetlenememesine neden olmaktadır. Bu durum, AİHS m. 6 bağlamında tarafların gerekçeli karar hakkını doğrudan tehdit eden bir unsurdur; zira nasıl üretildiği bilinmeyen bir yargıya karşı etkili bir itiraz yolu işletmek hukuken mümkün değildir (Singil, 2022; Bolayır, 2023; Birtane, 2024).

Spor hukukunun temel taşı olan fair play (dürüst oyun) ilkesi, kararların sadece katı yasal metinlere değil, aynı zamanda sporun etik doğasına ve somut olayın vicdani özelliklerine dayanmasını gerektirir. Mevcut yapay zekâ sistemleri empati, etik muhakeme ve toplumsal değer yargılarını idrak etme yetisinden yoksundur (Mücahit Küçük, 2024; Selçuk, 2025; Karabal, 2023). Ayrıca, bir hakemin YZ tarafından sunulan karar taslağına veya analizine psikolojik olarak aşırı güven duyması, yargı bağımsızlığını körelterek adaleti vicdani bir kanaatten ziyade mekanik bir operasyona indirgeme riski taşımaktadır (Singil, 2022; Birtane, 2024).

2024 Mart ayında Avrupa Parlamentosu tarafından kabul edilen Avrupa Birliği Yapay Zekâ Yasası (EU AI Act), yargı ve hukuk sistemlerindeki YZ kullanımlarını yüksek riskli kategorisine dâhil etmiştir (Oğurlu, 2024; Birtane, 2024; Bolayır, 2023). Bu yasal düzenleme, spor tahkim kurullarının kullanacağı araçların; insan denetimine tabi olmasını, teknik şeffaflık standartlarını karşılamasını ve ayrımcı sonuçlar üretmemesini bağlayıcı kılmıştır (Yüzer Eltimur, 2022; Birtane, 2024). Büyük dil modellerinin (LLM) hukuki süreçlerde halüsinasyon görme riski de göz önüne alındığında, spor hukukunda dijitalleşmenin ancak insan hakemi dengeleyen ve insan hakları standartlarına uyum sağlayan hibrit bir modelle başarılı olabileceği anlaşılmaktadır (Birtane, 2024; Selçuk, 2025).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Spor tahkiminde dijital dönüşüm ve yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonu, günümüzde bir tercih olmaktan çıkmış, küresel spor endüstrisinin hızı ve uyuşmazlık hacmi karşısında kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Çalışma boyunca incelendiği üzere, yargılamanın Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi (AİHS) 6. maddesi kapsamında "makul bir sürede" tamamlanması ve sporcu kariyerlerinin korunması noktasında bu teknolojiler muazzam bir potansiyel barındırmaktadır (Selçuk, 2025; Çakır ve diğerleri, 2024). Ancak, ulaşılan teknolojik seviye ne kadar gelişmiş olursa olsun, yapay zekânın hukuki süreçlerdeki konumu doğrudan bir robot hakem veya otonom bir karar verici olarak değil; insan hakemlerin bilişsel kapasitesini destekleyen, veriye dayalı bir "destek mekanizması" olarak kurgulanmalıdır (Oğurlu, 2024; Birtane, 2024).

Spor tahkiminde yapay zekâ kullanımı, makul sürede yargılanma ilkesi için devrimsel bir imkân sunarken; şeffaflık, gerekçeli karar ve bağımsızlık gibi adil yargılanma hakkının temel taşlarını yerinden oynatma riskini de beraberinde getirmektedir. Bu teknolojik dönüşümün hukuki güvenliği sarsmaması ve "fair play" ilkesiyle çelişmemesi adına Türkiye Futbol Federasyonu (TFF) ve Uluslararası Spor Tahkim Mahkemesi (CAS) gibi kurumlarda, nihai hukuki takdir yetkisinin mutlaka insan hakemlerde bulunması elzemdir. Yapay zekâ hız ve tutarlılığı sağlama kabiliyetine sahip olsa da adaletin özü olan empati, vicdani kanaat ve somut olayın özelliklerine göre hakkaniyeti tesis etme yetisi yalnızca insan faktörüyle mümkündür.

Spor hukukunun dinamik yapısı, uyuşmazlıkların ivedilikle çözülmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ, makul sürede yargılanma ilkesini hayata geçirmek için eşsiz bir fırsat sunsa da beraberinde ciddi hak ihlali risklerini getirmektedir. Teknolojinin hızı ile adaletin etik değerleri arasında bir denge kurmak adına şu adımlar atılmalıdır:

- Hukuki Çerçevenin Dijital Adalet Standartlarına Göre Güncellenmesi:

TFF ve CAS gibi üst kurullar, disiplin ve tahkim yönetmeliklerini YZ kullanımını kapsayacak şekilde revize etmelidir. Sadece teknolojik altyapı kurmak yeterli değildir; CEPEJ'in belirlediği etik şartlar rehberliğinde, YZ'nin hangi aşamalarda "yardımcı unsur" olabileceği, hangi kararlarda ise devre dışı kalacağı net kurallara bağlanmalıdır. Örneğin, bir transfer uyuşmazlığında tazminat hesaplaması YZ ile yapılabilirken, bir futbolcunun niyetinin sorgulandığı disiplin vakalarında YZ'nin etkisi sınırlandırılmalıdır.

- Siyah Kutu Sorununa Karşı Algoritmik İzlenebilirlik:

Yapay zekânın bir sonuca nasıl vardığı hem hakemler hem de taraflar için anlaşılabilir olmalıdır. Tahkim süreçlerinde sunulan YZ raporları (örneğin, bir bahis manipülasyonu analiz raporu), savunma tarafının teknik itiraz yapabilmesine olanak sağlayacak şeffaflıkta sunulmalıdır. Taraflara, algoritmanın mantığına karşı argüman geliştirme ve bağımsız teknik bilirkişi incelemesi isteme hakkı yasal bir güvence olarak tanınmalıdır.

- Nihai Kararda İnsan Dokunuşu ve Vicdani Kanaat Önceliği:

Teknolojik raporlar, yargılamada asla kesin hüküm veya tekil delil olarak kabul edilmemelidir. Özellikle Yarı Otomatik Ofsayt Sistemi (SAOT) gibi teknolojilerin sunduğu veriler, hakemin veya tahkim panelinin vicdani kanaatini tamamen devre dışı bırakmamalıdır. Karar vericiler, sistemin "otomasyon yanlılığı" (yanlış olsa bile makineye güvenme eğilimi) riskine karşı eğitilmeli ve son sözün daima bir hukukçuya ait olduğu insan denetimli model korunmalıdır.

- Veri Setlerinde "Adil Oyun" (Fair Play) Denetimi:

Sistemlerin eğitildiği veriler, sporun doğasında bulunan eşitlik ilkesine aykırı unsurlardan arındırılmalıdır. Geçmişteki önyargılı kararların YZ tarafından kural gibi algılanmasını önlemek için, veri havuzları düzenli olarak teknik ve hukuki denetimden geçirilmelidir. Örneğin, belirli bir bölge veya kulüp aleyhine sistematik bir eğilim gösteren algoritma, "ayrımcılık yasağı" kapsamında derhal revize edilmelidir.

- Dijital Okuryazarlık ve Disiplinlerarası Eğitim:

Spor hukuku uygulayıcıları (avukatlar, hakemler ve federasyon yetkilileri) sadece hukuk değil, temel düzeyde algoritma ve veri analitiği eğitimi almalıdır. Bir hukukçu, önüne gelen YZ destekli raporun hangi veri setiyle hazırlandığını ve halüsinasyon riskini sorgulayabilecek yetkinliğe ulaşmalıdır.

Sonuç olarak, spor hukukunun geleceği; teknolojinin sunduğu matematiksel hız ile hukukun asırlık etik değerlerini harmanlayan, denetlenebilir ve şeffaf bir modelin inşasında yatmaktadır. Dijital delillerin denetlenebilirliği ve algoritma şeffaflığı yasal güvencelere bağlandığı ölçüde, yapay zekâ spor tahkiminde adaletin tesisine hizmet eden güçlü bir araç haline gelecektir.

Kaynakça

Balancing Tech and Tradition: AI's Role in the Evolution of CAS Proceedings! (2022). *Sportialaw*. https://en.sportialaw.com/post/balancing-tech-and-tradition-ais-role-in-the-evolution-of-cas-proceedings

Balancing Tech and Tradition: AI's Role in the Evolution of CAS Proceedings! (2022, June 1). Sportialaw. https://en.sportialaw.com/post/balancing-tech-and-tradition-ais-role-in-the-evolution-of-cas-proceedings

Birtane, Ş. (2024). Hâkime Yardımcı Yapay Zekâ. Türkiye Adalet Akademisi Dergisi (TAAD), 59, 233-272.

Blackshaw, I. (2021). International sports law: An introductory guide. Springer Nature.

Bolayır, M. A. (2023). Yapay Zeka, İnsan Hakları ve İnsan Haklarının Korunması Açısından Yapay Zekanın Denetimi. TİDE AcademIA Research, 5(2), 117-145.

CEPEJ. (2018). European ethical Charter on the use of Artificial Intelligence in judicial systems and their environment. Council of Europe.

Court of Arbitration for Sport [CAS]. (2023). Code of sports-related arbitration. https://www.tas-cas.org/en/arbitration/code-cas.html

Çakır, Z., Ceyhan, M. A., Güzel, S., & Yel, K. (2024). Spor Hukuku Bağlamında Yapay Zeka Destekli Karar Mekanizmalarına Yönelik Güncel Yaklaşımlar. Bayburt Üniversitesi Adalet Dergisi, 3(1), 63-67.

DCA Hukuk. (2026). Spor Hukuku Rehberi 2026: Güncel Mevzuat ve İçtihatlar. https://www.dcahukuk.com/spor-hukuku/

Ekici, Ş. (2025). Hukuki İşlem Teorisi Bağlamında Yapay Zeka Tarafından Gerçekleştirilen İşlemlerde İradenin İsnadı. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi (İMHFD), 10(2), 1283-1319.

International Olympic Committee [IOC]. (2024). The Olympic AI Agenda. https://olympics.com/ioc/news/the-olympic-ai-agenda

Katz, D. M., Bommarito, M. J. II, & Blackman, J. (2017). A general approach for predicting the behavior of the Supreme Court of the United States. PLoS ONE, 12(4), e0174698. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174698

Law Sites. (2023, February 17). As Allen & Overy deploys GPT-based legal app Harvey firmwide, founders say other firms will soon follow. LawNext. https://www.lawnext.com/2023/02/as-allen-overy-deploys-gpt-based-legalapp-harvey-firmwide-founders-say-other-firms-will-soon-follow.html

Mavromati, D., & Reeb, M. (2022). The Code of the Court of Arbitration for Sport: Commentary, cases and materials. Wolters Kluwer.

Mazzucco, M. (2022). The Court of Arbitration for Sport's decision in IOC v. Valieva: An example of arbitral activism or necessary arbitral activity? Frontiers in Sports and Active Living, 4, 924916.

Mustafa Özdemir Hukuk Bürosu. (2025). Yapay Zekâ ve Hukuk: Güncel Gelişmeler. https://mustafaozdemirhukuk.com/makaleler/yapay-zeka-ve-hukuk

Mücahit Küçük, Ç. (2024). Yapay Zekânın Hukuk Sisteminde Kullanılması. Bilişim Hukuku Dergisi, 6(1), 24-79.

Oğurlu, Y. (2024). Dünyadan Örnekleriyle Mahkemelerde Yapay Zekâ Hâkim Uygulamaları: Hedefler ve Mevcut Duruma Dair Bir Değerlendirme. Balıkesir Üniversitesi Hukuk Dergisi, 1(1), 1-24.

Rigozzi, A., & Quinn, B. (2023). Digital evidence in CAS proceedings: Challenges and opportunities. International Sports Law Journal, 23(1), 15-29.

Selçuk, S. (2025). Makûl Sürede Yargılanma Yapılmasında Yapay Zekânın Etkisi. Türkiye Adalet Akademisi Dergisi (TAAD), 62.

Singil, N. (2022). Yapay Zekâ ve İnsan Hakları. Public and Private International Law Bulletin, 42(1), 121-158.

TFF. (2025, 26 Mart). MHK, Tutarlılık İzleme Modülü ile Hakem Kararlarında Yenilikçi Bir Adım Atıyor. https://www.tff.org/default.aspx?pageID=248&ftxtID=47164

WADA. (2024). Anti-Doping Intelligence and Investigations (I&I) and Artificial Intelligence. https://www.wada-ama.org/

Yılmaz, O. G. (2021). Yargı Uygulamasında Yapay Zekâ Kullanımı – Yapay Zekâ Hâkim Cübbesini Giyebilecek mi? Adalet Dergisi, 66, 379-415.

Yüzer Eltimur, D. (2022). İnsan Haklarının Korunması Bağlamında Yapay Zekâ Uygulamaları. Akdeniz Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 12(2), 559-594.

DİJİTAL DÖNÜŞÜM KISKACINDA SPOR HUKUKU: E-SPOR, YAPAY ZEKÂ AKTÖRLERİ VE 'DEPLOYER' SORUMLULUK REJİMİ

SPORTS LAW IN THE GRIP OF DIGITAL TRANSFORMATION: E-SPORTS, AI ACTORS, AND THE "DEPLOYER" LIABILITY REGIME

Dr. Öğr. Üyesi Tolga HANAYOĞLU[1]

Özet

İkiz dönüşümün dijital ayağını temsil eden yapay zekâ teknolojileri, sporun geleneksel sınırlarını aşındırarak hukuk dünyasında yeni ontolojik tartışmaları beraberinde getirmektedir. Özellikle e-spor ekosisteminde kullanılan derin öğrenme algoritmalarının, basit birer yardımcı araç olmaktan çıkıp rekabetin seyrini değiştiren otonom birer aktör gibi davranması, klasik spor hukuku doktrinini yetersiz bırakmaktadır. Bu çalışma, e-sporun hukuki meşruiyetini ve yapay zekâ tabanlı otonom oyuncuların sporcu statüsünü, güncel regülasyonlar ışığında incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada; yapay zekânın, ne kadar sofistike olursa olsun, irade ve bilinç yoksunluğu nedeniyle hukuki bir süje olamayacağı saptanmıştır. Ancak bu durumun bir sorumluluk boşluğu yaratmaması adına çalışma, AB Yapay Zekâ Yasası ile literatüre giren deployer kavramını spor hukukuna uyarlayan özgün bir çözüm modeli sunmaktadır. Buna göre, otonom sistemlerin yarattığı ihlallerde sorumluluk, kara kutu savunmasına izin verilmeksizin, sistemi ticari veya sportif amaçla kullanan aktörlere yüklenmelidir. Ayrıca, VAR ve benzeri müsabaka sonucuna doğrudan etki eden algoritmik sistemlerin yüksek riskli kategoride değerlendirilmesi ve insan denetimi olmaksızın nihai karar mercii olmamaları gerektiği vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: *E-Spor, Spor Hukuku, Yapay Zekâ, Dijital Dönüşüm*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, tolga.hanayoglu@yobu.edu.tr

Abstract

Artificial intelligence technologies, representing the digital pillar of the twin transition, are eroding the traditional boundaries of sports and precipitating new ontological debates within the legal sphere. Specifically, the fact that deep learning algorithms employed in the e-sports ecosystem have evolved beyond being mere auxiliary tools to acting as autonomous agents that alter the course of competition renders classical sports law doctrine insufficient. This study aims to examine the legal legitimacy of e-sports and the athlete status of AI-based autonomous players in light of current regulations. The study determines that artificial intelligence, regardless of its level of sophistication, cannot be considered a legal subject due to its lack of will and consciousness. However, to prevent this from creating a liability gap, the study proposes an original solution model that adapts the concept of the deployer, introduced into the literature by the EU AI Act, to sports law. Accordingly, liability for violations caused by autonomous systems should be attributed to the actors who utilize (operate) the system for commercial or sporting purposes, without permitting a black box defense. Furthermore, it is emphasized that algorithmic systems that directly influence competition outcomes, such as VAR and similar technologies, should be classified within the high-risk category and should not serve as the final decision-making authority without human-in-the-loop supervision.

Keywords: *E-Sports, Sports Law, Artificial Intelligence, Digital Transformation*

1. Giriş

İnsanlık tarihi boyunca teknolojik devrimler, toplumsal düzeni ve bu düzeni tesis eden hukuki normları köklü bir biçimde dönüştürme gücüne sahip olmuştur. Özellikle 21. yüzyılın ilk çeyreğinde tanıklık ettiğimiz dijital dönüşüm, yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin gündelik hayatın merkezine yerleşmesiyle birlikte benzersiz bir ivme kazanmıştır. Alan Turing'in 1950 yılında sorduğu Makineler düşünebilir mi? sorusu, 21. yüzyıl spor endüstrisinde artık felsefi bir tartışma olmaktan çıkıp, Makineler sporcu olabilir mi? şeklindeki hukuki bir çıkmaza evrilmiştir. Derin öğrenme algoritmaları bugün sadece insanı taklit etmemekte; otonom kararlarla rekabetin seyrini değiştiren birer süje gibi davranmaktadır. Günümüzde makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları, yalnızca insan zekâsını taklit etmekle kalmayan, aynı zamanda belirli bilişsel görevlerde insan kapasitesini aşan ve veriden öğrenerek otonom kararlar verebilen sistemlere dönüşmüştür (Dönmez, 2025). Bu teknolojik sıçrama; sağlıktan finansa, eğitimden ağır sanayiye kadar uzanan geniş bir yelpazede paradigmal değişimlere yol açarken, küresel spor endüstrisinin dinamiklerini de temelinden sarsmaktadır (Esmer, 2023; Yüksel & Öntürk, 2025).

Sporun dijitalleşme serüveni, başlangıçta yalnızca fiziksel performansın ölçümlenmesi, veri analitiği veya hakem kararlarına yardımcı teknolojiler (VAR gibi) ile sınırlı kalmıştır. Ancak bu süreç, zamanla kendi ekosistemini yaratarak "e-spor" (elektronik spor) fenomeninin doğuşuna zemin hazırlamıştır. E-spor; bilgisayarlar, oyun konsolları veya mobil cihazlar vasıtasıyla, dijital bir platform üzerinde bireysel ya da kolektif olarak icra edilen; stratejik planlama, hızlı refleks ve zihinsel dayanıklılık gibi bileşenlerin rekabetçi bir atmosferde harmanlandığı yeni nesil bir spor disiplini olarak kurumsallaşmıştır (Ünal & Hüseyinli, 2022). Geleneksel spor anlayışının fiziksel mekân sınırlamalarını aşan bu alan, yapay zekâ entegrasyonu ile yeni bir boyuta evrilmektedir. YZ, bu ekosistemde artık yalnızca bir performans analiz aracı ya da antrenman partneri değil; oyun içi botlar veya tamamen otonom hareket eden dijital oyuncular formunda, rekabetin bizzat kurucu bir aktörü olma potansiyelini sergilemektedir.

Yapay zekânın yardımcı rolden aktif bir oyuncu veya karar verici rolüne bu denli hızlı geçişi, mevcut hukuk sistemlerini karmaşık bir belirsizlik yumağı ile karşı karşıya bırakmaktadır. Geleneksel hukuk doktrinlerinde yapay zekânın bir kişi veya hukuki süje olarak tanınıp tanınmayacağı tartışması, bu teknolojinin eylemlerinden kaynaklanan zararların tazmini ve ortaya çıkan dijital çıktıların mülkiyet hakları gibi temel sorunları beraberinde getirmektedir (Özçelik, 2021). Klasik spor hukuku normlarının, insan dışı aktörlerin dahil olduğu bir rekabet alanını düzenlemede yetersiz kalabileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda çalışma; e-sporun spor hukuku literatüründeki güncel konumunu irdelemeyi, yapay zekâ destekli otonom oyuncuların hukuki statüsünü tartışmaya açmayı ve özellikle Avrupa Birliği Yapay Zekâ Yasası (EU AI Act) ile hukuk literatürüne dahil olan "deployer" (uygulayıcı) kavramı çerçevesinde risk temelli bir sorumluluk rejimi önermeyi amaçlamaktadır.

2. TEORİK PERSPEKTİF VE KAVRAMSAL ANALİZ

Elektronik spor veya yaygın kullanımıyla e-spor; ileri düzey teknolojik donanımlar vasıtasıyla icra edilen, profesyonel sporcuların dijital platformlarda bireysel ya da kolektif bir disiplin içerisinde birbirlerine veya sofistike yapay zekâ birimlerine karşı üstünlük kurmaya çalıştığı, yüksek rekabet odaklı bir spor dalı olarak literatürde yerini almıştır. E-sporun doğasını geleneksel sportif faaliyetlerden ayıran temel unsur, müsabakaların fiziksel bir saha yerine dijital bir ara yüz üzerinde simüle edilmesidir. Bu bağlamda, e-sporun temelinde kaba fiziksel güçten ziyade; milisaniyelik zihinsel refleksler, üst düzey el-göz koordinasyonu ve dinamik stratejik muhakeme yetenekleri bulunmaktadır (Ünal & Hüseyinli, 2022).

Günümüzde e-spor, yalnızca bir boş zaman aktivitesi olmaktan çıkmış; profesyonel oyuncuları, kurumsallaşmış kulüpleri, global ligleri, geniş kapsamlı turnuvaları ve milyarlarca dolarlık ekonomik hacmiyle devasa bir endüstriye evrilmiştir. Oyun geliştiricilerinden sponsorluk ağlarına kadar çok katmanlı bir paydaş yapısına sahip olan bu ekosistem, kitlesel izleyici yoğunluğu ve kurumsal regülasyonlarıyla modern sporun ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Demiran & Özbey, 2025).

Yapay zekâ (YZ) teknolojileri, modern spor bilimlerinde devrim niteliğinde uygulamalara kapı aralayarak performansın analitik olarak ölçümlenmesi, sakatlık risklerinin önceden tahmin edilmesi ve antrenman programlarının kişiselleştirilmiş optimizasyonu gibi alanlarda temel bir enstrüman haline gelmiştir (Yüksel & Öntürk, 2025). Bu entegrasyonun somut örnekleri geleneksel spor branşlarında da açıkça gözlemlenmektedir; örneğin futbolda kullanılan "Hawk-Eye" (Şahin Gözü) sistemi ve gelişmiş yarı otomatik ofsayt teknolojileri, bilgisayar vizyonu yetenekleri sayesinde insan hatasını minimize ederek müsabaka yönetiminde hayati bir fonksiyon icra etmektedir (Esmer, 2023).

Oyun ekosistemi perspektifinden bakıldığında ise yapay zekâ, veri işleyen pasif bir mekanizma olmanın ötesine geçerek; makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleri sayesinde oyunun akışına müdahale edebilen, otonom kararlar alan ve stratejik hamleler geliştirebilen dinamik bir aktöre dönüşmüştür. Özellikle derin öğrenme algoritmaları, devasa veri kümelerini analiz ederek herhangi bir dışsal programlama veya doğrudan insan müdahalesi gerekmeksizin kendi kendine öğrenme yeteneği geliştirmekte ve son derece karmaşık bilişsel görevleri başarıyla yerine getirebilmektedir (Yüksel & Öntürk, 2025). Bu teknolojik olgunluk seviyesi, oyun içi botların veya YZ tabanlı karakterlerin, en üst düzey profesyonel insan oyuncularla dahi rekabet edebilecek bilişsel ve taktiksel bir seviyeye ulaşmasını sağlamıştır.

3. E-SPORUN SPOR HUKUKU REJİMİNDEKİ KONUMU VE MEŞRUİYETİ

E-sporun kavramsal olarak spor kategorisinde değerlendirilip değerlendirilemeyeceğine dair süregelen ontolojik tartışmalar, büyük ölçüde e-sporun lehine sonuçlanmış ve çağdaş literatürde bu alanın bir spor disiplini olduğu hususunda geniş bir mutabakat hasıl olmuştur. Sporun karakteristik bileşenleri olarak kabul edilen; kurumsallaşmış bir kurallar manzumesi, rekabetçi bir yapı, organizasyonel süreklilik ve spesifik beceri gereksinimi gibi unsurlar e-spor ekosisteminde eksiksiz bir biçimde mevcuttur. Geleneksel spor dallarında ön planda olan makro-fiziksel aktivite düzeyi e-sporda farklı bir tezahür bulsa da e-sporcuların sergilediği ince motor beceriler, bilişsel dayanıklılık ve milisaniyelerle ölçülen nörolojik refleks gelişimi, bu disiplinin sistematik ve yoğun bir antrenman metodolojisi gerektirdiğini kanıtlamaktadır (Ünal & Hüseyinli, 2022).

Türkiye özelinde e-spor, 2018 yılında Türkiye E-Spor Federasyonu'nun (TESFED) kuruluşuyla birlikte idari bir statü kazanmış ve devlet nezdinde resmi bir spor branşı olarak tescil edilmiştir (Demiran & Özbey, 2025). Küresel ölçekte ise Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC) gibi çatı kuruluşların sanal spor organizasyonlarına yönelik attığı stratejik adımlar, bu alanın meşruiyetini uluslararası normlar düzeyine taşımaktadır. Ancak e-sporun hukuki mahiyeti; bir yandan oyun geliştiricilerinin mutlak fikri mülkiyet haklarının domine ettiği ticari bir alan, diğer yandan oyuncuların bağımlı çalışan ile profesyonel sporcu statüleri arasındaki gri bölgede konumlandığı hibrit ve kompleks bir yapı sergilemeye devam etmektedir (Ünal & Hüseyinli, 2022).

4. YAPAY ZEKÂ TABANLI AKTÖRLERİN HUKUKİ NİTELİĞİ VE SÜJE OLMA SORUNSALI

Modern hukuk doktrininde fiil ehliyeti ve davranış yeteneği kavramları doğrudan insan iradesine endekslenmiştir. Ceza hukuku perspektifinden hareket, ancak özgür bir irade tarafından yönlendirilen insan davranışı olarak tanımlanabilir ki; mevcut teknolojik imkanlar dahilinde yapay zekânın biyolojik bir bilince veya otonom bir iradeye sahip olmadığı genel kabul gören bir gerçektir. Modern ceza ve disiplin hukuku kusur kavramını insani bir iradeye endekslemiştir. Bir yapay zekâ birimi, saniyede milyonlarca veriyi işleyerek taktiksel bir hamle yapsa da bu eylemin hukuki anlam ve sonucunu idrak etme kapasitesinden ontolojik olarak yoksundur. Dolayısıyla, mevcut pozitif hukukta YZ'ye sporcu statüsü atfetmek, hukuki sorumluluk zincirini koparacak tehlikeli bir romantizmden öteye geçemeyecektir. Hukuk düzeni, eylemin faili olarak kodları değil, o kodları yöneten iradeyi aramaktadır. Yapay zekâ sistemleri, operasyonel kapasiteleri ne kadar gelişmiş olursa olsun, eylemlerinin hukuki sonuçlarını idrak etme ve bu yönde normatif bir irade koyma yetisinden yoksun oldukları için, mevcut yasal düzenlemeler altında sporcu statüsüne haiz olmaları hukuken mümkün görünmemektedir (Akbulut, 2023).

Yapay zekânın hukuki statüsüne ilişkin tartışmalar, Roma Hukuku'ndan bu yana gelen kişi ve eşya ayrımı ekseninde yoğunlaşmaktadır. Yürürlükteki hukuk normları çerçevesinde yapay zekâ sistemleri, herhangi bir hak ehliyeti bulunmayan gelişmiş birer eşya veya araç hükmündedir (Görentaş, 2023). Bununla birlikte, algoritmaların otonomi düzeyindeki radikal artış, doktrinde elektronik kişilik gibi yeni hukuki modellerin tartışılmasına zemin hazırlamıştır (Mücahit Küçük, 2024). Avrupa Parlamentosu'nun bazı raporlarında, özellikle otonom sistemlerin sebep olabileceği zararların tazmini noktasında bir çözüm önerisi olarak bu model gündeme getirilse de yapay zekâya tüzel kişiliğe benzer bir statü atfedilmesi, sorumluluk zincirini belirsizleştireceği ve hukuki öngörülebilirliği zedeleyeceği endişesiyle halen mesafeli yaklaşılan bir konudur (Özçelik, 2021).

5. YAPAY ZEKÂ ODAKLI SORUMLULUK REJİMİ VE RİSK YÖNETİMİ

Yapay zekâ sistemlerinin otonom doğasından kaynaklanan ihlallerde, hukuki sorumluluğun hangi süjeye kanalize edileceği sorunu, AB Yapay Zekâ Yasası (AI Act) ile literatüre giren "deployer" (uygulayıcı/konuşlandırıcı) kavramı ile yeni bir boyut kazanmıştır. Deployer bir yapay zekâ sistemini kendi kontrolü ve otoritesi altında, mesleki veya ticari bir faaliyet çerçevesinde kullanan gerçek veya tüzel kişiyi ifade etmektedir (Yeşiltuna, 2025).

E-spor ekosistemi perspektifinden değerlendirildiğinde; bir YZ tabanlı antrenör yazılımını, performans analiz sistemini veya oyun içi otonom botları stratejik amaçlarla kullanan spor kulüpleri, turnuva organizatörleri veya

profesyonel oyuncular "deployer" sıfatını haizdir. Mevcut yasal düzenleme, sorumluluğu sistemi tasarlayan ve piyasaya süren sağlayıcı ile bu sistemi operasyonel süreçlerine dahil eden "uygulayıcı" (deployer) arasında, sistem üzerindeki kontrol yetkisine göre paylaştırmaktadır (Yeşiltuna, 2025). Spor hukukunda klasik kusursuz sorumluluk ilkeleri, otonom sistemlerin yarattığı riskleri karşılamada yetersiz kalabilir. Bu noktada, AB Yapay Zekâ Yasası ile literatüre giren 'deployer' (uygulayıcı) kavramı, spor hukuku için bir can simidi niteliğindedir. E-spor kulübü veya organizatör, yapay zekâlı bir botu oyuna sürdüğünde, yazılımın kara kutu (black box) yapısının arkasına sığınamamalı; bu riskli teknolojiyi ticari menfaati için kullanan taraf olarak sonucuna katlanmalıdır.

Oyun evreninde yapay zekâ; sofistike hile algoritmaları, oyun içi manipülatif manevralar veya sistem zafiyetlerinden faydalanan otonom stratejiler yoluyla ciddi ihlallere sebebiyet verebilir. YZ sistemlerinin kara kutu olarak adlandırılan kapalı devre yapısı, karar alma mekanizmalarının dışarıdan gözlemlenmesini engellemekte ve bu durum, hukuka aykırı eylemin kaynağının tespitini zorlaştırmaktadır (Özçelik, 2021).

Örneğin, derin öğrenme metodolojisiyle sürekli kendini geliştiren bir YZ oyuncusunun, oyunun temel mantığını zedeleyen ancak doğrudan yazılı koda aykırı olmayan "etik dışı" bir stratejiyi kendi kendine keşfetmesi durumunda, bu eylemin öngörülebilirliği tartışmalı hale gelir. Bu tür durumlarda, klasik kusura dayalı sorumluluk esasları yetersiz kalmakta; bunun yerine sistemin yarattığı tehlikeyi denetim altında tutması gereken kişiye yönelen kusursuz sorumluluk ilkeleri ve risk temelli yaklaşımlar ön plana çıkmaktadır (Mücahit Küçük, 2024).

6. SPOR DİSİPLİN HUKUKUNDA YAPAY ZEKÂ VE ADİL YARGILANMA

AB Yapay Zekâ Yasası, teknolojiyi toplum üzerindeki olası negatif etkilerine göre kademeli bir risk sınıflandırmasına tabi tutmaktadır. Bireylerin temel hak ve özgürlüklerini doğrudan etkileyen, adalete erişim veya demokratik mekanizmalarda belirleyici rol oynayan sistemler yüksek riskli kategorisinde tasnif edilmiştir (Akbulut & Akbulut, 2025; Turan Başara, 2024).

Spor disiplin kurullarının delil toplama süreçlerinde veya müsabaka yönetiminde (VAR, yarı otomatik ofsayt sistemleri vb.) kullanılan YZ destekli analiz araçları, sporcuların mesleki geleceklerini ve adil yargılanma haklarını doğrudan etkilediği için yüksek riskli sistemler kapsamında değerlendirilmelidir. Bu tür sistemlerin hukuka uygunluğu için; algoritmik şeffaflık, sistematik kayıt tutma ve en kritik unsur olarak insan denetimi mekanizmalarının mevcudiyeti şart koşulmaktadır (Benzer, 2025).

Yapay zekâ, günümüzde yargılama faaliyetlerinde hakimlerin karar verme süreçlerini destekleyen yardımcı bir enstrüman olarak konumlanmaktadır. Ancak doktrinde tartışılan robot yargıç vizyonu, adil yargılanma hakkının özü olan vicdani kanaat ve insani muhakeme unsurları açısından ciddi riskler barındırmaktadır. Avrupa Konseyi Yargının Etkinliği Komisyonu (CEPEJ) tarafından yayınlanan etik ilkeler; temel haklara saygı, ayrımcılık yasağı, veri güvenliği ve kullanıcının nihai kontrolü gibi vazgeçilmez kriterleri vurgulamaktadır (Altın, 2025; Görentaş & Çiftçi, 2024).

Spor tahkimi (CAS veya ulusal federasyon kurulları) süreçlerinde de YZ; devasa içtihat taramaları, karmaşık veri analizleri ve emsal karar öngörüleri için kullanılabilir. Ancak, sportif adaletin tesisi noktasında nihai takdir yetkisinin ve karar verme iradesinin mutlaka insan bir hakem/hâkim üzerinde kalması, hukukun genel ilkelerinin bir gereğidir.

7. ETİK DEĞERLER VE SPORTİF ADİL OYUN (FAIR PLAY) İLKESİNİN DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ

Üretken yapay zekâ (Generative AI) sistemlerinin ulaştığı sofistike seviye, sporcuların biyometrik verilerini, seslerini ve fiziksel görüntülerini gerçeğinden ayırt edilemeyecek hassasiyette taklit eden deepfake içeriklerin üretimini mümkün kılmıştır. E-spor müsabakalarının doğası gereği dijital mecralarda icra edilmesi, bu teknolojinin kimlik hırsızlığı veya avatar sahteciliği gibi riskleri barındırmasına neden olmaktadır. Bu durum yalnızca müsabaka sonucunu manipüle etmekle kalmayıp, sporcuların ticari itibarını ve kişilik haklarını da telafisi güç zararlara uğratma potansiyeli taşımaktadır.

AB Yapay Zekâ Yasası, bu risklere karşı katı şeffaflık standartları getirerek, deepfake içeriklerin yapay bir kaynaktan üretildiğinin açıkça ve anlaşılır bir biçimde belirtilmesini yasal bir zorunluluk olarak tesis etmiştir (Yamak, 2025; Benzer, 2025). Daha da önemlisi, bireylerin özgür iradesini sakatlayan, bilinçaltı tekniklerle insan davranışlarını manipüle eden veya belirli grupların zaaflarından faydalanan yapay zekâ uygulamaları, yasa kapsamında kabul edilemez risk kategorisine alınarak kesin surette yasaklanmıştır (Akbulut & Akbulut, 2025).

Sportif rekabetin temel taşı olan fırsat eşitliği ilkesi, yapay zekâ çağında algoritmik bir sınavla karşı karşıyadır. Sporda kullanılan yapay zekâ modellerinin, eğitildikleri veri setlerinde yer alan tarihsel önyargıları modelleyerek

bunları kararlarına yansıtma riski bulunmaktadır. Eğer veri setleri belirli demografik grupları, oyun stillerini veya takımları dışlayan ya da kayıran bir yapıdaysa, algoritma bu eşitsizliği derinleştirerek bazı aktörlere haksız avantaj sağlarken diğerlerini sistematik olarak dezavantajlı konuma düşürebilir (Görentaş & Çiftçi, 2024). Sportif sürdürülebilirlik, sadece çevresel değil, aynı zamanda rekabetin dürüstlüğünün korunmasıyla da ilgilidir. Üretken yapay zekâ ile yaratılan manipülasyonlar, sporun en temel sermayesi olan güven unsurunu yok etme potansiyeli taşır. Bu nedenle, algoritmik şeffaflık bir tercih değil, dijital Fair Play'in ön koşulu haline gelmiştir.

8. ULUSLARARASI NORMATİF SÜREÇLER VE GELECEK PROJEKSİYONU

Uluslararası hukuk camiasında, yapay zekânın otonomi düzeyine paralel olarak risk temelli bir regülasyon stratejisiyle düzenlenmesi gerektiği fikri genel kabul görmüştür. Bu doğrultuda yürürlüğe giren AB Yapay Zekâ Yasası, türünün ilk örneği olması hasebiyle yalnızca Avrupa kıtasında değil, küresel ölçekte standartları belirleme gücüne sahiptir (Yamak, 2025). Özellikle teknoloji politikalarında öncü rol üstlenen Almanya, Fransa ve İtalya gibi devletler, ulusal strateji belgelerinde etik, şeffaf ve güvenilir yapay zekâ ekosistemini teşvik ederek hukuki güvenliği sağlamayı öncelik haline getirmişlerdir (Eser & Saatçioğlu, 2025).

Spor hukukunun kendine özgü ulus-üstü karakteri ve *Lex Sportiva* doktrini, bu dijital dönüşüme adaptasyonu zorunlu kılmaktadır. Gelecek projeksiyonunda; Uluslararası Spor Tahkim Mahkemesi (CAS) içtihatlarında ve uluslararası federasyonların disiplin talimatlarında, AB standartlarıyla uyumlu Dijital Spor Hukuku normlarının kristalize olması beklenmektedir. Bu yeni hukuk düzeni, algoritmanın otonomisi ile insanın sorumluluğu arasındaki dengeyi kurarak, teknolojik ilerlemeyi sporun ruhuyla harmanlamayı hedefleyecektir.

9. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen disiplinlerarası analizler; e-sporun, modern sporun gerektirdiği kurumsallık, rekabet ve spesifik beceri kriterlerini karşıladığını ve dolayısıyla spor hukuku rejiminin meşru bir parçası olduğunu teyit etmektedir. Ancak bu ekosistemin merkezine yerleşen yapay zekâ birimlerinin hukuki statüsü, yürürlükteki doktrinin irade ve bilinç merkezli kişi tanımıyla ontolojik bir çatışma yaratmaktadır. Mevcut normatif yapıda yapay zekâ, ne kadar otonom ve sofistike bir performans sergilerse sergilesin, eylemlerinin hukuki sonuçlarını kavrayacak bir bilince sahip değildir. Bu durum, YZ'yi sporun bir süjesi (sporcu) olmaktan çıkarıp, son derece gelişmiş ancak risk barındıran bir "enstrüman" konumuna indirgemektedir.

Teknolojinin spor yönetimindeki bu baskın rolü, sorumluluk hukukunda ciddi boşluklar doğurmaktadır. Bu noktada, çalışmanın temel önerisi olan Deployer (Uygulayıcı) Odaklı Sorumluluk Modeli devreye girmelidir. Hukuk düzeni, sorumluluğu denetlenemeyen kara kutu algoritmalarına değil; AB Yapay Zekâ Yasası'nda da işaret edildiği üzere, bu sistemi kendi ticari veya sportif menfaati için kullanan kulüp ve organizatörlere yüklemelidir. Yani, riski yaratan ve yöneten insan iradesi algoritmik kusurun da nihai muhatabı olmalıdır.

Öte yandan, sportif adaletin dijitalleşmesi birtakım kırmızı çizgileri zorunlu kılmaktadır. Müsabaka sonuçlarına doğrudan etki eden VAR ve benzeri otonom analiz araçları, yüksek riskli sistem kategorisinde değerlendirilmeli; insan denetimi olmaksızın hiçbir algoritmanın kararı nihai hüküm yerine geçmemelidir. Buna ek olarak, üretken yapay zekânın beraberinde getirdiği deepfake ve manipülasyon tehditlerine karşı, uluslararası federasyonların KVKK ve GDPR standartlarıyla uyumlu Dijital Etik Rehberleri oluşturması sporun güvenilirliği adına elzemdir.

Sonuç tahlilinde; dijital dönüşüm sporun sınırlarını genişletse de hukukun evrensel ilkeleri bu yeni evrende de pusula olmaya devam etmelidir. Sürdürülebilir bir spor ekosistemi, teknolojiyi kutsayan değil; onu insan onuru ve "deployer" sorumluluğu çerçevesinde dizginleyen bir regülasyon anlayışıyla mümkündür. Aksi halde kontrolsüz bir teknolojik ilerleme, sportif adaletin sonunu getirecektir.

Kaynakça

Akbulut, B. (2023). Yapay zekâ ve ceza hukuku sorumluluğu. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *27*(4), 267-319. https://doi.org/10.34246/ahbvuhfd.1339596

Akbulut, B., & Akbulut, M. T. (2025). Yapay zekâ yasasında risk kategorileri. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *8*(1), 466-496. https://doi.org/10.51120/NEUHFD.2025.160

Altın, O. (2025). Avrupa Birliği Yapay Zekâ Yasası kapsamında yargı sisteminde yapay zekâ uygulamalarının kullanımına yönelik getirilen düzenlemeler ve etkinliği. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, *21*(3), 1190-1212. http://dx.doi.org/10.17130/ijmeb.1673077

Benzer, E. (2025). Yapay zekâ'nın AB hukuk düzenindeki görünümü: AB yapay zekâ tüzüğü. *Bilişim Hukuku Dergisi*, *7*(1), 187-221. https://doi.org/10.55009/bilisimhukukudergisi.1585137

Çakır, Z., Ceyhan, M. A., Gönen, M., & Erbaş, Ü. (2023). Yapay zeka teknolojilerindeki gelişmeler ile eğitim ve spor bilimlerinde paradigma değişimi. *Dede Korkut Spor Bilimleri Dergisi*, *1*(2), 56-74.

Demiran, D., & Özbey, S. (2025). Sporda dijital dönüşüm süreci ve yeni uygulamalar. *Turkuaz Uluslararası Sosyo-Ekonomik Stratejik Araştırmalar Dergisi*, *7*(2). https://doi.org/10.70506/eisrcdergi.1820671

Dönmez, Z. (2025). Yapay zekânın hukuki gelişimi ve AB yapay zekâ yasası. *Adalet Dergisi*, *74*, 947-975. https://doi.org/10.57083/adaletdergisi.1677361

Eser, G. N., & Saatçioğlu, C. (2025). Avrupa Birliği'nde yapay zekâ stratejilerinin analizi: Almanya, Fransa ve İtalya örnekleri. *Sakarya Üniversitesi İktisat Dergisi*, *14*(3), 319-344. https://doi.org/10.37460/sid.1820125

Esmer, O. (2023). Sporda yapay zekâ teknolojisi kullanımı ve sportif performans. (Bölüm 5).

Görentaş, M. B. (2023). Hukukta yapay zekâ. *Social Science Development Journal*, *8*(41), 1-14. http://dx.doi.org/10.31567/ssd.1079

Görentaş, M. B., & Çiftçi, H. (2024). Avrupa Birliği yapay zekâ yasası çerçevesinde yargılamada yapay zekâ kullanımının değerlendirilmesi. *İzmir Barosu Dergisi*, *89*(1), 177-203.

Mücahit Küçük, Ç. (2024). Yapay zekâ tarafından gerçekleştirilen idari işlemde sorumluluk. *Başkent Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *10*(1), 169-215.

Özçelik, Ş. B. (2021). Yapay zekanın veri koruma, sorumluluk ve fikri mülkiyet açısından ortaya çıkardığı hukuki gereksinimler. *Adalet Dergisi*, (66), 87-116.

Turan Başara, G. (2024). Avrupa dijital düzenleme sisteminde yapay zekâ yasası. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *73*(4), 2983-3016. https://doi.org/10.33629/auhfd.1578021

Ünal, E., & Hüseyinli, N. (2022). Yeni bir meslek grubu: E-spor oyuncuları ve çalışma hakları. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *13*(2), 563-578. https://doi.org/10.21492/inuhfd.1192979

Yamak, Y. (2025). Yapay zekâ ile ilgili güncel düzenleme çalışmaları: AB, ABD ve Türkiye açısından incelenmesi. *Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi*, *3*(1), 35-67.

Yeşiltuna, O. (2025). AB yapay zekâ yasası uyarınca deployer kavramı: Yasama sürecindeki seyri, getirdikleri ve Türkçe karşılığı sorunu. *Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *33*(4), 2607-2649. https://doi.org/10.15337/suhfd1641837

Yüksel, E. N., & Öntürk, Y. (2025). Teoriden uygulamaya: Spor bilimlerinde yapay zekanın kullanımı/dönüşümü. *Spor Eğitim Dergisi*, *9*(1), 90-106. https://doi.org/10.55238/seder.1623316

DİJİTALLEŞMENİN AİLE İÇİ İLETİŞİM KÜLTÜRÜ VE AİLE DEĞERLERİNİN AKTARIMINDAKİ ROLÜ

THE ROLE OF DIGITALIZATION IN FAMILY COMMUNICATION CULTURE AND THE TRANSMISSION OF FAMILY VALUES

Fatma Nur GÜRLER[1]
Doç. Dr. Hülya ÇAKIR[2]

Özet

Dijitalleşme süreci, modern toplumda aile yapısı, aile içi iletişim kültürü ve değerlerin kuşaktan kuşağa aktarım biçimleri üzerinde önemli dönüşümlere yol açmıştır. Aile, bireylerin toplumsallaşma sürecinin başladığı ve kültürel değerlerin içselleştirildiği temel bir kurum olma niteliğini korumakla birlikte, dijital teknolojilerin gündelik yaşama dâhil olması bu işlevlerin yerine getirilme biçimlerini yeniden şekillendirmiştir. Geleneksel aile yapılarında yüz yüze etkileşim aracılığıyla gerçekleşen aile içi iletişim ve değer aktarımı, dijital medya araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte farklı iletişim kanalları üzerinden sürdürülmeye başlanmıştır. Sosyal medya, anlık mesajlaşma uygulamaları ve dijital paylaşım ağları, aile üyeleri arasında etkileşim olanaklarını artırırken, fiziksel birlikteliğin azalmasına ve iletişimin yüzeyselleşmesine de zemin hazırlayabilmektedir. Bu dönüşüm süreci, aile içi rollerin yeniden tanımlanmasına, kuşaklararası çatışmalara ve değer aktarımında değişimlere yol açabilmektedir. Özellikle gençler arasında dijital kültürün yaygınlaşması, kültürel etkileşimi artırmakla birlikte aileye özgü değerlerin ve bağların zayıflamasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte dijitalleşme, aile içi iletişim kültürünü tamamen ortadan kaldıran bir unsur değil aksine dönüştüren ve yeniden yapılandıran bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, dijitalleşmenin aile içi iletişim üzerindeki etkilerini inceleyerek, iletişimi zayıflatan yönleri ile iletişim biçimlerini dönüştürerek yeni kazanımlar sağlayan boyutlarını ortaya koymaktır. Bu bağlamda çalışma, dijitalleşmenin aile içi iletişim kültürü ve aile içi değerlerin aktarımı üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir çerçevede ele alarak, dijital medya araçlarının aile içi etkileşim süreçlerinde nasıl bir rol oynadığını ortaya koymayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: *kültürel aktarım, aile içi iletişim, toplumsal değişim, dijitalleşme.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, ftmnrglr.nm@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, hulya.cakir@bozok.edu.tr

Abstract

The digitalization process has led to significant transformations in the family structure, family communication culture, and the ways in which values are transmitted from generation to generation in modern society. While the family retains its role as a fundamental institution where individuals' socialization process begins and cultural values are internalized, the integration of digital technologies into daily life has reshaped the ways in which these functions are performed. In traditional family structures, intra-family communication and the transmission of values occurred through face-to-face interaction. However, with the widespread use of digital media tools, this process has shifted to various communication channels. Social media, instant messaging apps, and digital networking sites, while increasing opportunities for interaction among family members, can also pave the way for a decrease in physical togetherness and a superficiality of communication. This transformation process can lead to a redefinition of family roles, intergenerational conflicts, and changes in the transmission of values. The spread of digital culture, particularly among young people, while increasing cultural interaction, can also weaken family-specific values and bonds. However, digitalization is not seen as a factor that completely eliminates family communication culture; on the contrary, it is considered a process that transforms and restructures it. The aim of this study is to examine the effects of digitalization on family communication, revealing both the aspects that weaken communication and the dimensions that transform communication forms, leading to new gains. In this context, the study aims to reveal the role of digital media tools in family interaction processes by examining the effects of digitalization on family communication culture and the transmission of family values within a multidimensional framework.

Keywords: *cultural transmission, family communication, social change, digitalization.*

1. GİRİŞ

Aile, bireyin toplumsallaşma sürecinde temel bir kurum olarak değerlerin, normların ve kültürel kodların aktarılmasında merkezi bir rol üstlenmektedir ancak dijitalleşme süreciyle birlikte bu aktarım mekanizmalarının geleneksel yapısı dönüşüme uğramıştır. Dijital teknolojilerde yaşanan hızlı gelişmeler, bireysel ve toplumsal yaşamın pek çok alanında olduğu gibi aile kurumunun yapısı ve işleyişi üzerinde derin etkiler yaratmaktadır.

Özellikle internet, mobil iletişim araçları ve sosyal medya platformlarının gündelik yaşamın ayrılmaz bir parçası haline gelmesi, aile içi iletişim biçimlerinde yüz yüze etkileşim yerini giderek daha fazla dijital araçlar aracılığıyla iletişime bırakmıştır. Bu dönüşüm yalnızca iletişim araçlarının değişimiyle sınırlı kalmayıp aynı zamanda iletişimin niteliği, sıklığı ve içerik yapısı üzerinde de belirleyici olmuştur.

Dijital ortamlar bir yandan bilgiye erişimi kolaylaştırarak bireylerin farklı kültürel değerlerle etkileşime girmesine olanak tanırken diğer yandan aile içinde kuşaklararası değer aktarımını zayıflatabilecek yeni dinamikler de ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda dijitalleşmenin aile içi iletişim kültürü üzerindeki etkileri çift yönlü bir karakter sergilemektedir. Bir taraftan coğrafi olarak uzak aile bireyleri arasında iletişimi kolaylaştırarak ilişkilerin sürdürülmesine katkı sağlarken; diğer taraftan aynı fiziksel ortamda bulunan bireyler arasındaki etkileşimi azaltarak iletişim kopukluklarına neden olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, dijitalleşmenin aile içi iletişim kültürü üzerindeki etkilerini incelemek ve bu sürecin aile değerlerinin aktarımı üzerindeki rolünü çok boyutlu perspektiften analiz etmektir.

2. KÜLTÜR

Kültür, tarihsel süreç içinde toplumda şekillenerek insan davranışlarını düzenleyen ve ortak inanç sistemlerinden kopmadan sosyal yaşamın oluşumuna katkı sağlayan önemli bir yapıdır. Aynı zamanda birey ile toplum arasındaki ilişkide bir köprü görevi görmektedir. Tylor'a göre kültür; toplum, insanoğlu, eğitim süreci ve kültürel içerik gibi değişkenlerin yanı sıra bunlar arasındaki karmaşık ilişkilerin bir işlevidir (Tylor, 1871). Marx ise kültürü, "doğanın sunduklarının karşısında, insanın yarattığı her şey" olarak tanımlamaktadır (Akt. Güvenç, 2002: 96). Malinowski (1990: 45)'ye göre ise kültür, insanın ürettiği araç, gereçleri de kapsar ve bu yönüyle kültürün oluşumu ve gelişiminde önemli bir rol üstlenir. Ona göre kültür; insan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla doğrudan ya da dolaylı olarak işlev gören araç ve gereçler ile gelenekler, görenekler ve bedensel ya da zihinsel alışkanlıkların bütününden oluşmaktadır.

Kültür, bir toplum tarafından benimsenen ortak ve kolektif bilinç yapısını temsil eder. Bu bağlamda kültür; bir milletin dinî, ahlaki, düşünsel, estetik, dilsel, ekonomik ve bilimsel yaşam unsurlarının uyumlu bir bütününü ifade ederken, medeniyet aynı medeniyet çevresine dâhil olan farklı milletlerin sosyal hayatlarının ortak toplamını ifade eder. Bu nedenle kültür millî bir nitelik taşırken, medeniyet uluslararası bir özellik göstermektedir (Gökalp, 1975: 27).

Sosyolojik açıdan kültür ele alındığında, birey–toplum ilişkisinde bireyin önemini vurgulayan yaklaşımların yanı sıra, önceliğin topluma verilmesi gerektiğini savunan görüşler de bulunmaktadır. Tarihsel süreç boyunca toplumlar, kültürü bir miras olarak benimsemiş ve adeta bir ayna gibi bireylere yansıtmıştır. İnsanı kültürün içinde yaratılan bir varlık olarak değil, kültürün yaratıcısı olarak değerlendiren bu anlayışa göre insan dünyası aynı zamanda kültür dünyasını ifade etmektedir (Mejuyev, 1987: 65). Kültür, öğrenilen ve kuşaktan kuşağa aktarılan dinamik bir yapıya sahip olduğu için bireylerin dünyayı algılama biçimini şekillendirirken aynı zamanda toplumsal düzenin devamlılığını da sağlamaktadır.

2.1. KÜLTÜREL AKTARIM

Kültürel aktarım, sahip olunan kültürel özelliklerin sonraki nesillere aktarılarak benimsetilmesini ifade etmektedir (Melanlıoğlu, 2008: 65). Toplum, kültürel aktarım yoluyla günlük yaşamda oluşturduğu semboller ve kültürel kodlar aracılığıyla bireyin kimlik gelişimine katkıda bulunur. Kültürel aktarım hem bireyler arasındaki hem de toplumlar arasındaki iletişimde birleştirici ve geliştirici bir işlev üstlenir. Çünkü iletişim, insanların dünyayı

algılamasına, yorumlamasına, başkalarını etkilemesine ve günlük yaşamlarını sürdürebilmesine imkân tanıyan önemli bir araçtır (Tekinalp ve Uzun, 2012: 20).

Williams (1983:89) kültürü geleneklerin aktarılması ve yeniden üretilmesi süreci olarak tanımlamaktadır. Kültür; yazılı ve sözlü kurallar bütünü, normlar, bireysel davranış biçimleri, gelenek ve görenekler, örfler ile kişiler arası etkileşim ve iletişim süreçlerini kapsayan geniş bir yapı olarak ifade edilebilir. Bu bağlamda bireyin içinde bulunduğu sosyal ve doğal çevre de birer iletişim kaynağı niteliği taşımaktadır (Anık, 2014: 27-28). Bu perspektiften değerlendirildiğinde kültür, nesilden nesile aktarılan maddi ve manevi yaşam biçimlerini yansıtan bir taşıyıcı işlev görmektedir. Bu nedenle, özellikle günümüzün sanal ve dijital kültür ortamı da göz önünde bulundurulduğunda, "kültür aktarımı" ve "kültür öğretimi" kavramları yerine "kültürel paylaşım" ve "kültürel deneyim" ifadelerinin daha uygun olduğu görülmektedir (Özdemir, 2019).

Kültürün aktarımı, dil aracılığıyla kurulan iletişim sayesinde gerçekleşmektedir. Toplumda sözlü anlatım, kültürel aktarımı şekillendiren, dönüştüren ve geliştiren bir unsur olarak öne çıkmaktadır. İletişim ise sahip olduğu kültürel sermaye ve habitus doğrultusunda biçimlenir; düşünce, duygu ve bilgi içerikleri kodlanarak alıcıya iletilir (Özdemir, 2012: 45). Kültürel aktarım sadece sözlü iletişimle değil; gözlem, taklit ve deneyim yoluyla toplumun sahip olduğu değerlerin, normların ve davranış kalıplarının yeni nesillere iletilmesi süreci olması dolayısıyla kültürün sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

3. DİJİTALLEŞME VE DİJİTAL KÜLTÜR

Dijitalleşme, bilgilerin bilgisayar, akıllı telefon ve tablet gibi teknolojik araçlar aracılığıyla okunabildiği, bu cihazlar tarafından düzenlenebildiği ve iş süreçlerinde kullanılabildiği dijital ortamlara aktarılması sürecidir (Url-1). Aynı zamanda teknolojinin gelişmesi, kişiler arası hızlı iletişim kurma, sosyal ağ bağlantılarında bilgiyi yeniden üretip erişime kolaylık sağlama süreçleridir. Dijital teknolojiler, sosyal etkileşimler, toplumsal kurumlar ile kişilik ve benlik oluşumu üzerinde önemli etkiler yaratmakta; bu doğrultuda dijital ürünler giderek kültürel unsurlar hâline gelmektedir (Kepenek, 2020: 188).

Kültür, en geniş anlamıyla bir üretim biçimi olarak ele alınır ve üretim, insanın kendi yaşamını üretmesi anlamını taşır (Lefebvre ve Robertson, 2010: 43). Dijital kültür ise sosyal ağ paylaşımlarının ortaya çıkışıyla güç kazanan ve bireylerin günlük yaşam pratiklerine uyum sağlayan bir oluşumdur. Bu bağlamda dijital kültür, somut dünyaya ait kültürleri yeniden üretebilen ya da dijital ağlara özgü yeni düşünce ve uygulama biçimleri geliştirebilen; dijital ağlar üzerinden etkileşim kuran bireylerin bilgi, inanç ve pratiklerini ifade eden bir yapıyı tanımlamaktadır (Poepsel, 2018: 14-15). Toplumsal yapılar dijital kültürün gelişim göstermesiyle zaman, mekân, yaş, dil gibi algı kavramlarını yeniden boyutlandırmıştır. Dijital kültür, hem belirli bir zaman ve mekân bağlamında yaşayan bireylerin deneyim ve tanıklıklarını yansıtmakta hem de bireylerin dijital ağlara katılımı yoluyla bu ağlarda kalıcı izler bırakmaları sayesinde tüm verilerin sistematik biçimde kayıt altına alındığı bir yapı içerisinde kültürün güncel formunu ortaya koymaktadır (Özbaş Anbarlı, 2019: 78). İnternet, sosyal medya, akıllı cihazlar ve dijital platformlar dijitalleşme sürecinin temel araçlardır. Dijital kültür ise hız, erişilebilirlik, bireysellik ve görselliğin ön planda olduğu bir yapısal özelliğe sahip olmasının etkisiyle oluşan yeni yaşam biçimleri, iletişim tarzları ve değer sistemlerini ifade etmektedir.

4. DEĞER

Değerler bireyin düşünce, tutum, davranış ve ortaya koyduğu ürünlerde birer ölçüt olarak kendini gösterir ve toplumsal bütünlüğün ayrılmaz bir unsurunu oluşturur (Durmuş, 1996). Güngör (2010:27)'e göre değer, bir şeyin arzu edilebilir veya arzu edilemez olduğu hakkındaki inanç olarak tanımlanmaktadır. Değerler, bireylerin düşünce, tutum, davranış ve üretimlerini yönlendiren temel ölçütler olarak işlev görmekte ve toplumsal bütünleşmenin ayrılmaz bir unsurunu oluşturmaktadır. Toplumsal yaşam içerisinde bireyler, olayları ve olguları büyük ölçüde sahip oldukları değerler çerçevesinde algılamakta ve değerlendirmektedir. Bireysel tutum ve davranışlar ise önemli ölçüde ahlaki ve dini değerlerin yanı sıra örf ve adetlerin taşıdığı değerlerden etkilenmektedir. Bununla birlikte söz konusu değerler, normlar aracılığıyla somut bir nitelik kazanmakta ve toplumsal yaşamda etkinlik göstermektedir. Çünkü daha soyut ve genel bir yapıya sahip olan değerlere karşılık normlar, yaptırım güçleri sayesinde toplumsal düzenin belirgin unsurlarından biri haline gelmektedir (Durmuş, 1996, Yapıcı ve Kayıklık, 2005).

Sosyolojik açıdan değerlendirildiğinde değer, toplumun temel unsurlarından biri olarak görülür. Bilindiği gibi, toplumda aile, eğitim ve din gibi kurumların tamamı kendine ait değerler içerir, bu kurumlar değerlerin benimsenmesi, yaygınlaştırılması, sürdürülmesi ve kuşaklararası aktarımında belirleyici işlevler üstlenmektedir (Özensel, 2003). Değerlerin bireyler ve toplumlar açısından neyin doğru, önemli ve anlamlı olduğunu belirleyen bu doğrultuda davranışları yönlendirerek toplumsal uyumu sağlayan temel inanç ve ölçütler olmaları dolayısıyla doğru ve sağlıklı biçimde aktarılması gelecek açısından önem taşımaktadır.

5. AİLE

Aile, tarihsel süreç içerisinde farklı evrelerde gelişimini tamamlamış, her toplumda farklı dönüşüm yapılarına sahip olmuş sosyal bir kurumdur. Sosyoloji literatüründe aileye ilişkin birçok farklı tanım bulunmaktadır. Bu tanımların her biri aileyi farklı bir sınıflandırma içinde ele almakta ve onu sosyal hayatın temel yapılarından biri olarak kabul ederek açıklamaktadır (Turğut, 2016). Şahinkaya (1979:18)'ya göre aile; evlilik, kan bağı ya da evlat edinme yoluyla birbirine bağlı olan, aynı evde yaşayan, ortak gelir paylaşımında bulunan ve karı-koca, ana-baba, evlat ve kardeş gibi çeşitli roller çerçevesinde birbirlerini etkileyen, kendine özgü bir kültür ve görgü geliştiren ve bunu kuşaktan kuşağa aktaran insanların oluşturduğu topluluktur.
Aile kurumu, toplumdan topluma farklılıklar gösterse de genel olarak üreme, cinsellik, ekonomik faaliyetler ve çocuk yetiştirme gibi işlevleri yerine getirmektedir (Canatan, 2018: 61). Toplum ailenin iyaşam normlarını, sosyal kimlik kazanımlarını değer ve yargılarını içselleştirdiği, ekonomik duygusal bağların oluştuğu sosyal gelişim merkezidir. Bu bağlamda aile yalnızca bireylerin özel alanları değil; kültürel ideolojilerin zaman içerisinde toplumsal değerlerin aktarıldığı bir kurumdur. Simgesel etkileşimcilik kuramı da aile içinde yeniden şekillenen rollerin, aile bireylerine yeni statüler kazandırmasını onların bu etkileşimleri üzerinden açıklamaktadır (Canatan, 2018: 41-44).

Aile, sosyolojik olarak bireylerin kimlik kazanımını destekleyen, toplumsal değişim ve oluşumuna duyarlı, çok katmalı dinamik ve sabit yapıdaki değişimlere uyum sağlayabilen sosyal bir yapıda incelenmektedir. Gökalp'e göre aile, yalnızca biyolojik bir birlikten oluşmaz; toplumsal ve kültürel değerlerin ilk öğrenildiği kurumdur. Bu yapı, toplumsal değerlerin aktarıldığı ve bireylerin karakter gelişimi ile toplumsal uyumlar açısından önemli rol oynamaktadır (Gökalp, 1975). Bu nedenle günümüzdeki aile, toplumsal süreçlere daha duyarlı, esnek bir model ve kültürel dönüşüm olarak değerlendirilmektedir.

Aile, modern toplumlarda durağan bir yapıdan ziyade toplumsal değişimlere uyum sağlayabilen çok boyutlu sosyal bir yapıda incelenmektedir. Giddens, bu noktada günümüzde "ailelerden" söz edilmesinin daha uygun olduğunu ifade ederek aile kavramındaki çeşitliliğe dikkat çekmektedir (Giddens, 2000: 174). Bu açıdan bireylerin kimlik gelişimi, kişilik oluşumu ve toplumsallaşma süreçlerinin büyük ölçüde aile içerisinde şekillenmesinin yanı sıra aile kültürel ve ahlaki değerlerin aktarımında önemli aktördür.

5.1. AİLE İÇİ İLETİŞİM KÜLTÜRÜ

Aile içi iletişim kültürü, aile üyelerinin karşılıklı duygu ve düşüncelerini anlama, empati kurma birbirlerine değer ve tutum gibi davranışları aktarımın bütünüdür. Ailede değer aktarımı kültürel yapılardan etkilenerek sözlü ve sözsüz iletişim kullanılarak aile bireyleri arasında hiyerarşi ve otorite sistemini geliştirir. Kültürün sürekliliğini sağlama işlevi bulunan aile, bireylerin hem psikolojik hem de fizyolojik ihtiyaçlarını karşılayan evrensel bir kurumdur ve her toplumda mevcut olan bir yapıdır. Bununla birlikte, ailenin yapısı, biçimi ve işlevleri toplumdan topluma farklılık gösterebilmektedir (Bozkurt, 2014: 260). Bu süreçte aile içi iletişim kültürü, aile üyeleri arasında ortak değer duygularını paylaşma, rol çatışmaları gibi kabul gören değerleri görünür kılmaktadır.

Modern toplumda aile içi iletişim kültürü, günlük yaşam biçimlerini düzenleyen önemli bir unsur olarak görülmektedir. Aile içinde büyük-küçük, kadın-erkek, genç-yaşlı gibi tüm bireylerin birbirleriyle kurduğu ilişkiler ve bu ilişkiler aracılığıyla ilettikleri mesajlar, aile içi iletişimi oluşturmaktadır. Bu iletişimde duruma göre gönül dili, teşekkür dili, özür dili, dua dili ve sükût dili gibi farklı ifade biçimleri kullanılmaktadır (Öresin, 2014: 11-13). Söz konusu iletişim dilleri, aile bireyleri arasında ortak kültürel kodların oluşmasına ve bu kodların kuşaktan kuşağa aktarılmasına katkı sağlamaktadır. Ortak bir zemine dayandığı için aile üyeleri ve yakın akrabalar birbirlerini kolaylıkla anlayabilirken, dışarıdan gelen kişiler, örneğin misafirler bu dili anlamakta zorlanabilmektedir (Başaran, 2013: 146).

Aile içi iletişimin sağlıklı ve yapıcı bir şekilde sürdürülebilmesi, aile bireylerinin birbirleriyle hem akılcı hem de duygusal açıdan karşılıklılık ilkesine dayalı ilişkiler kurmalarına, aile içindeki rollerini yerine getirmelerine ve hak ile sorumlulukları çerçevesinde bireysel alanlarının sınırlandırılmamasına bağlıdır (Görgün Baran, 2004: 34). Aile içi iletişim kültürü, bireylerin sosyal beceriler kazanmasında ve değerleri içselleştirmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Aile içi iletişimin güçlü olması hem ailenin kültür aktarımında sağlıklı bir iletişim ortamı oluşmasını sağlamakta hem de nesiller arası yaşam farklılıklarına saygı ve anlayışı geliştirmektedir.

6. DİJİTALLEŞMENİN AİLE İÇİ İLETİŞİM KÜLTÜRÜ VE AİLE DEĞERLERİNDEKİ ROLÜ

Aile, toplumların en küçük birimini oluşturan, evlilik ve kan bağına dayanan ilişkileri ifade eden temel bir toplumsal kurumdur (Url-2; Akar, 2025). Bireylerin sosyal bir varlık olmayı öğrendikleri ilk etkileşim ortamı olması sebebiyle aile hem bireysel yaşam hem de toplumsal yaşam açısından kritik bir öneme sahiptir (Dikeçligil, 2012). Dijitalleşme bu kalıpların farklı bir iletişim algısıyla yeni bir kimlik kazanmada ve sosyal statü davranış kalıplarında önemli etken oluşturur. Dijitalleşme, teknolojinin gelişmesi sonucu toplumsal yaşamın birçok alanına dahil olmuş, kültürel algı ve iletişim kalıplarını dönüştürmüş ve değiştirmiştir.

Dijital teknolojilerin yaygınlaşması ve sosyal medyanın günlük yaşamla bütünleşmesi aile içi iletişim, ebeveynlik pratikleri ve çocukluk deneyimlerini yapısal olarak yeniden şekillendirmektedir (Semiz Türkoğlu, 2025: 379). Teknolojinin gelişmesi, aile yapısındaki iletişim kültürünü bireyler arasında karşılıklı saygı, anlayış ve sosyal yapılarda gelişen sorumluluk temelli bir sistem doğrultusunda dönüştürmüştür. Modern yaşamın bir gereği olarak bireyler, internet aracılığıyla kullanılan iletişim kanalları sayesinde yeni ilişkiler kurmakta bu durum her ne kadar olumlu bir gelişme gibi görünse de geleneksel aile bağlarının zayıflamasına ve bireylerin yalnızlaşmasına yol açabilmektedir (Bakan ve Bakan, 2017: 58). Bu çerçevede aile içi iletişim, bireyler arası etkileşimi azaltırken, ülkeler arası etkileşimi artırarak kültürel bağların güçlenmesine imkân sağlamaktadır. Bilgiye hızlı erişim sayesinde eğitim ve farkındalığın artması ile ortak dijital içeriklerin (film, oyun vb.) aile içi etkileşimi desteklemesi de avantajlar arasında sıralanabilir.

Dijitalleşen dünyanın etkisiyle aile yaşamı, toplumsal ilişkiler ve küresel iletişim biçimleri yeniden şekillenmekte; buna bağlı olarak bireyler arası etkileşim kalıpları da dönüşmektedir (Hazer, 2020: 92). Geleneksel değerlerin yerini bireysellik ve hızlı tüketim kültürü alabilmektedir. Dijitalleşmenin etkisiyle aile yapılarındaki kültürel aktarım, nesiller aracılığıyla değil yeni medya araçları üzerinden gerçekleşmeye başlamıştır. Geçmiş kuşaklarda ebeveynler medya kullanımını çoğunlukla televizyonla sınırlı tutarken, günümüzde ebeveynler çok daha çeşitli ve sürekli yenilenen bir dijital medya ortamıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu çeşitlilik, medyanın kontrolünü zorlaştırmakta ve ebeveynlik süreçlerini daha karmaşık bir hâle getirmektedir (Goodwin, 2018: 9-10). Bu durum çocukların değerleri aileden çok dijital ortamdan öğrenmeye başlayabilmesi gibi çeşitli riskleri de beraberinde getirebilmektedir.

Bireyler teknolojik araçlar aracılığıyla sürekli çevrim içi ve erişilebilir durumda olsalar da yüz yüze iletişimin derinliğinde ve niteliğinde azalma yaşanmaktadır. Mesajlaşma temelli iletişimin yüz yüze etkileşimin yerini alması, ilişki yönetimini pratikleştirmekle birlikte bireylerin zorlayıcı duygusal durumlarla başa çıkma becerilerini zayıflatabilmektedir. Bunun yanı sıra söz konusu süreç, bireyin toplumsal ve duygusal anlamda yalnızlaşmasına da zemin hazırlamaktadır (Turkle, 2011). Dijital teknolojiler bu açıdan da aile içi iletişim biçimlerini zayıflatmış, olumsuz kültürel aktarımı güçlendirmiştir.

7. SONUÇ

Dijitalleşmeyle birlikte aile içi iletişim kültürü ve değer aktarımı bir dönüşüm sürecine girmiştir. Geleneksel sosyalleşme biçimlerini esnekleştiren dijital süreçler ve yeni medya araçlarının yoğun kullanımı aile içi iletişim kültürü için hem riskler hem de fırsatları bünyesinde barındırmaktadır. Aile içinde değer aktarımının kuşaktan kuşağa sözlü anlatım yoluyla gerçekleşmesini zayıflatması ve teknolojik araçların yoğun kullanımıyla birlikte kültürel çözülmeye zemin hazırlaması riskler arasında sayılabilirken; bireylerin zaman ve mekân algısını zayıflatarak farklı şehirlerde, ülkelerde kısacası uzak mesafelerde yaşayan aile bireyleri arasında duygusal yakınlık kurulmasına imkân sağlaması ise fırsatlar arasındadır.

Dijitalleşme, değer aktarımı sürecinde iletişim araçlarının yoğun kullanımı ile bireylerin davranış ve tutumları, günlük yaşamda kurdukları iletişimler, giyim tarzları ve çevresel etkileşimleri önemli ölçüde etkilemiştir. Bu durum, modern aile içi iletişim kültürünü süreç içerisinde zayıflatmış ve dijital yaşam biçimine hızlı bir geçiş yaşanmıştır. Dijital platformlar aracılığıyla aile değerlerinin geniş kitlelere farklı görüş ve değerlerle birlikte sunulabilmesi bireylerin farklı kültürel yapılar hakkında bilgi edinmesini sağlamakla birlikte aile mahremiyetini zayıflatmakta; dijital anonimlik, sahte hesaplar ve yanlış bilgi üretimi gibi unsurlar da aile bütünlüğü açısından risk oluşturmaktadır.

Dijitalleşme kaçınılmaz bir süreçtir bu açıdan dijital araçları tamamen reddetmek yerine kontrollü ve dengeli kullanılarak, bilinçli şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Değer aktarımının ve aile içi iletişim kültürünün korunabilmesi için dijital okuryazarlık çalışmalarının, kültürel değerleri destekleyen seminer ve eğitim faaliyetlerinin artırılması gerekmektedir. Aile içi iletişimin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için nesiller arası değer aktarımı dijital eğitim programlarıyla desteklenmeli, dijital kullanım konusunda farkındalık oluşturulmalıdır. Ayrıca dijitalleşmenin iş ve yaşam alanlarındaki etkileri göz önünde bulundurularak bilgi ve değer aktarımı süreçleri sürekli olarak tekrar edilip pekiştirilmelidir.

Kaynakça

Akar, D. (2025). Sosyal medyada aile algısı: Ekşi sözlük tanımları üzerine bir değerlendirme. *TRT Akademi Dergisi,* 10(24), 800–829.

Anık, C. (2014). *İletişim sosyolojisi kuramsal temeller.* Derin Yayınları.

Bakan, U. ve Bakan, U. (2017). Facebook'ta aile ilişkileri ve sosyal medya adanmışlığına yönelik bir içerik analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 9(20), 54–68.

Başaran, E. (2013). Ailenin işleyişi ve gerçekleştirimi. (In M. Aydın (Ed.), Sistematik aile sosyolojisi (pp. 141–168). Çizgi Kitabevi.

Bozkurt, V. (2014). *Değişen dünyada sosyoloji temeller, kavramlar, kuramlar.* Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.

Canatan, K. (2018). Aile hakkında kuramsal perspektifler. (In K. Canatan ve E. Yıldırım (Eds.), Aile sosyolojisi (pp. 31–50). Açılım Kitap.

Canatan, K. (2018). Aile kavramının tanımı. (In K. Canatan ve E. Yıldırım (Eds.), Aile sosyolojisi (pp. 53–64). Açılım Kitap.ş

Dikeçligil, F. B. (2012). Aileye dair kabullerin ezber bozumu. *Muhafazakâr Düşünce*, 31, 22–52.

Durmuş, Ç. (1996). Değerlerin Meslek Grupları Açısından İncelenmesi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Eğitimde Psikolojik Hizmetler Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, İstanbul.

Giddens, A. (2000). *Sosyoloji*. Ayraç Yayınevi.

Goodwin, K. (2018). *Dijital dünyada çocuk büyütmek* (Çev.T. Er). Pegasus Yayınları.

Görgün Baran, A. (2004). Türkiye'de aile içi iletişim ve ilişkiler üzerine bir model denemesi. *Hacettepe Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları*, 1, 31–42.

Gökalp, Z. (1975). *Türkçülüğün esasları*. Sebil Matbaacılık.

Güngör, E. (2010). *Değerler psikolojisi üzerinde araştırmalar: Ahlâk psikolojisi, ahlâkî değerler ve ahlâkî gelişme.* İstanbul: Ötüken Neşriyat.

Güvenç, B. (2002a). *Kültürün ABC'si*. Yapı Kredi Yayınları.

Güvenç, B. (2002b). *İnsan ve kültür*. Remzi Kitabevi.

Hazer, O. (2020). Yeni medya ve iletişim teknolojileri: Ailede sosyal etkileşim (In Gençlik ve dijital çağ) (pp. 92–102). Hacettepe Üniversitesi.

Kepenek, E. B. (2020). Yeni ve yükselen bir alan: Dijital oyunlar sosyolojisi. *Sosyoloji Araştırmaları Dergisi*, 23(2), 186–213.

Lefebvre, K. A. ve Robertson, A. (2010). Domoic acid and human exposure risks: A review. *Toxicon*, 56(2), 216–230.

Malinowski, B. (1990). *İnsan ve kültür*. V Yayınları.

Mejuyev, V. (1987). *Kültür ve tarih.* Başak Yayınları.

Melanlıoğlu, D. (2008). Kültür aktarımı açısından Türkçe öğretim programları. *Eğitim ve Bilim*, 33(150), 64–73.

Öresin, H. (2014). *Ailemin iletişim dili.* Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları.

Özbaş Anbarlı, Z. (2019). Dijital kültür. (In M. Küçük (Ed.), Çevrimiçi iletişim ve yansımaları (pp. 77–90). Gece Akademi.

Özdemir, N. (2019). Kuşaklararasılık ve kültürel değişme. *Çocuk ve Medeniyet,* 4(7), 125–149.

Özdemir, H. (2012). *Eleştirel medya teorisi: Medya ve ideoloji*. Nobel Yayıncılık.

Özensel, E. (2003). Sosyolojik bir olgu olarak değer. *Değerler Eğitimi Dergisi,* 1(3), 217–239.

Poepsel, M. (2018). *Media, society, culture and you an ıntroductory mass communication text.* Canada: Rebus Community.

Semiz Türkoğlu, H. (2025). Dijital çağda aile ve iletişimin dönüşümü: Medya, kültür ve toplumsal yansımalar. *TRT Akademi Dergisi,* 10(24), 379-385.

Şahinkaya, R. (1979). *Psiko-sosyal yönleriyle aile.* Ankara: Kardeş Yayınevi.

Tekinalp, S. ve Uzun, G. (2012). *İletişim becerileri ve toplum*. Der Yayınları.

Turğut, F. (2016). Genel Olarak Aile, Sistematik Aile Sosyolojisi (Ed.) içinde (15-34), Konya: Çizgi Kitabevi.

Turkle, S. (2011). *Alone together: Why we expect more from technology and less from each other.* Basic Books.

Tylor, E. B. (1871). *Primitive culture: Researches into the development of mythology, philosophy, religion, art and custom.* London: John Murray.

Yapıcı, A. ve Kayıklık, H. (2005). Ruh sağlığı bağlamında dindarlığın öz saygı ve kaygı ile ilişkisi: Çukurova Üniversitesi örneği. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 3(9), 177–206.

İnternet Kaynakları:

Url-1: Çalışkan, G (2026, Mart 6). Dijitalleşme / dijital dönüşüm nedir? https://binbiriz.com/blog/dijitallesme-dijital-donusum-nedir

Url-2: Türk Dil Kurumu (2026, Mart 15). Aile. https://sozluk.gov.tr/

OSMANLI DEVLETİ'NDE VAKIFLARIN SÜRDÜRÜLEBİRLİĞİ: EVKĀF-I MÜLHAKA SİSTEMİ VE MİMARİ ESERLERE KATKILARINA DAİR RODOS İBRAHİM PAŞA VE SELANİK AYASOFYA CAMİLERİ ÖRNEĞİ

THE SUSTAINABILITY OF WAQFS IN THE OTTOMAN STATE: THE SYSTEM OF ANNEXED ENDOWMENTS (AWQĀF-I MULḤAQA) AND ITS CONTRIBUTIONS TO ARCHITECTURAL MONUMENTS—THE CASES OF THE RHODES IBRAHIM PASHA AND THESSALONIKI HAGIA SOPHIA MOSQUES

Arş. Gör. Emre KARADAVUT[1]

Özet

Osmanlı Devleti'nde vakıflar toplumsal faaliyetleri yürütmelerinden ötürü hem toplumun hem de devletin vaz geçilmez bir parçası olmuştur. Vakıflar, görülen ihtiyaca binaen halkın, üst düzey bürokratlar, sultanlar ve hanedan mensupları tarafından kurulmuş ve devlet tarafından desteklenmiştir. Toplumun önemli temel ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük rol oynayan vakıfların ayakta kalması ise akar adı verilen gelirlerine bağlıydı. Akar ise vakfa ait olan ev, işyeri, hamam gibi kira ve işletme geliri getiren yerler ile vergi gelirlerinin vakfedildiği köy vb. yerlerden sağlanmıştır. En çok bilinen vakıf türlerinin başında cami vakıfları gelmektedir. Örneğin bir muhite inşa edilen cami için caminin banisi tarafından bir de vakıf kurulmuştur. Bu vakıf sayesinde caminin giderleri ve görevlilerin maaşları gibi ödemeleri yapılmıştır. Ayrıca camilerin tamir ve tadilat giderleri de bu akarlar vesilesiyle caminin kendi vakıfları tarafından karşılanmıştır. Tanzimat Fermanı'ndan sonra ise vakıflar, Evkāf-ı Hümâyun Nezareti bünyesinde toplanmıştır. Böylelikle vakıflar "evkāf-ı mülhaka" sistemi ile devletin adeta bir kurumu haline gelmiştir. Vakıfların idaresinin merkezde toplanması mali anlamda bazı tartışmalara yol açsa da bu kararın olumlu sonuçları da olmuştur. Söz gelimi, deprem ve yangın gibi afetler dolayısıyla büyük hasar ve yıkım gerçekleştiğinde, vakıfların gücü bu hasarı tazmin etmede yetersiz kalmaktaydı. Ancak evkāf-ı mülhaka sistemi sayesinde doğal afet ya da yangın sonucu vakıfların yok olmasının önüne geçilmiştir. Böylelikle hem vakıfların sürdürülebilirliğine hem de hasar gören yapıların tamir ve rekonstrüksiyon işlemlerine büyük katkı sağlanmıştır. Osmanlı Devleti'nde şehrin ve toplumsal hayatın merkezi konumunda olan camilerde oluşan büyük çaplı hasarlar sadece mimari bir mirasın yok olmasıyla kalmayıp, toplumsal işlevini yerine getirememesinden ötürü sosyal hayatın doğal akışını da bozmaktaydı. Bu sebeplerle bu eserlerde gerçekleşen tahribatın ivedilikle ortadan kaldırılması elzemdir. Devletin bu gibi durumlarda verdiği destek şu örneklerle gösterilebilir. 1856 ve 1863 depremleri ile 1884 yılında meydana gelen bir yangın dolayısıyla Rodos'ta bulunan İbrahim Paşa Camii'nde oluşan hasarları gidermek için gereken meblağ, yapının kendi vakfı tarafından ödenemediği için önce adanın bağlı olduğu vilayetten destek istenmiştir. Ancak oranın bütçesi de bu masrafı aştığı için söz konusu masraf doğrudan Maliye Nezareti bütçesinden karşılanmıştır. Ayrıca Selanik'teki Ayasofya Camii'nde 1890 yılında meydana gelen yangının sebep olduğu büyük tahribat neticesinde ortaya çıkan yüksek masrafın da yine Maliye Nezareti tarafından ödendiği arşiv belgelerinde yer almaktadır. Bu örneklerde de görüldüğü gibi devletin müdahalesi hem tarihi ve sanatsal değerleri hem de işlevleri açısından toplumda çok önemli yere sahip olan eserlerin günümüze ulaşmasını sağlamıştır. Böylelikle hem eserlerin hem de vakıflarının sürdürülebilirliği sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Vakıf, Tamir, Mimari.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, emre.karadavut@yobu.edu.tr

Abstract

In the Ottoman State, charitable endowments (waqfs) emerged as an indispensable component of both society and the state by virtue of their role in administering social functions. In response to societal needs, these institutions were established by commoners, high-ranking bureaucrats, sultans, and members of the dynasty, and were supported by the state. The institutional longevity of these endowments, which played a pivotal role in fulfilling the fundamental necessities of the public, was contingent upon their revenue-generating assets, termed “akar”. These akar comprised properties yielding rental and commercial income—such as houses, commercial spaces, and bathhouses— alongside rural settlements (e.g., villages) whose tax revenues were allocated to the foundation. Mosque endowments constitute one of the most prominent categories of waqf institutions. Typically, when a mosque was built in a neighbourhood, its founder (bānī) would simultaneously establish an endowment for it. Through this waqf, payments such as the mosque’s operational expenses and the salaries of its officials were covered. Moreover, the expenses associated with the maintenance and restoration of the mosques were financed by their respective endowments via akar revenues. Following the Tanzimat Edict, waqfs were consolidated under the jurisdiction of the Ministry of Imperial Endowments. Consequently, through the “awqāf-i mulḥaqa” system, these endowments practically transitioned into state institutions. Although the administrative centralisation of the waqfs provoked certain fiscal debates, this policy also yielded substantial positive outcomes. For instance, in the event of severe damage and devastation caused by calamities such as earthquakes and fires, the independent financial capacities of the endowments were often inadequate to rectify the destruction. However, the awqāf-i mulḥaqa framework precluded the total dissolution of endowments in the wake of such natural disasters. Thus, profound contribution was made to both the institutional sustainability of the endowments and the repair and reconstruction of the compromised structures. In the Ottoman State, large-scale devastation to mosques—which served as the epicentres of urban and communal life—resulted not merely in the loss of architectural heritage but also disrupted the natural flow of social life due to the cessation of their societal functions. For these reasons, it was essential to urgently repair the destruction that occurred in these monuments. The support provided by the state under such circumstances can be elucidated through the following instances. The earthquakes of Rhodes in 1856 and 1863, and a fire in 1884 at the Ibrahim Pasha Mosque in Rhodes caused to damages. Since these repair expenditures could not be paid by the monument’s own endowment, support was first requested from the province to which the island was affiliated. However, as the provincial budget was also inadequate to meet this expense, the costs were financed directly from the budget of the Ministry of Finance. Furthermore, archival documentation indicates that the profound devastation caused by an 1890 fire at the Hagia Sophia Mosque in Thessaloniki resulted in a massive expenditure, which was similarly disbursed by the Ministry of Finance. As demonstrated by these examples, state intervention facilitated the preservation and survival to the present day of monuments that held paramount societal significance in terms of their historical and artistic merit, as well as their civic functions. Consequently, the sustainability of both the monuments and their endowments was ensured.

Keywords: Sustainability, Waqf, Restoration, Architecture.

Giriş

İslâm medeniyetinin en önemli unsurlarından birini teşkil eden vakıflar, en kısa haliyle hayır müessesesini ifade eder. Vakıfların kökeni Hz. Peygamber (s.a.v.) ve ashabının özellikle sadaka ve sadaka-i câriye gibi uygulamalarına dayandırılmaktadır. İslam dünyasının her köşesinde bulunan ve insanlara her anlamda hizmet sunan; köprü, çeşme, cami, medrese, hamam, kervansaray ve hastaneler gibi her türlü yapı birer hayrattır. Bu hayratın sürdürülmesi için kurulan düzen de vakıftır. İslam'ın ortaya çıktığı andan itibaren var olan vakıf sistemi tüm İslam devletlerinde bulunmaktadır.[2]

Osmanlı Devleti'nde de önceleri vakıflar kendinden önceki İslam devletlerinde olduğu gibi yönetilmekteydi. Yani vakıflar her vakfın kendi mütevelli ya da nazır denilen yöneticisinin denetiminde idare edilmekteydi. Osmanlı'nın en büyük vakıfları olan devlet erkanı (hünkâr, sadrazam, şeyhülislam vb.) tarafından kurulan vakıflar için durum biraz daha farklıydı. Bu vakıfların da mütevellileri olmakla beraber merkezi otorite de alınan kararlara müdahale edebiliyordu. Bununla beraber merkeziyetçi bir devlet yapısına sahip olan Osmanlı Devleti, ülkedeki tüm vakıfların denetimini ele geçirmek istemekteydi. Sultan III. Selim Han döneminde yapılan reformlar neticesinde kısmen başarılı olan bu süreç Sultan II. Mahmud Han'ın devrinde 1826 yılında Evkāf-ı Hümâyun Nezâreti'ni kurmak suretiyle somutlaştırılmıştır. 1839 yılında Tanzimat Fermanı ilan edildikten sonra ise neredeyse bütün vakıflar devletin bir kurumu haline gelmiştir.[3]

Evkāf-ı Hümâyun Nezâreti'nden önce Osmanlı'da vakıf sistemi; önceki İslâm devletlerinden intikal eden "evkāf-ı kadîme", mîrî arazinin temliki suretiyle kurulan "evkāf-ı irsâdiyye" ve hayır sever kimseler tarafından sırf kendi mülklerinden ayırdıkları mallarla tesis ettikleri "evkāf-ı sahîha-i lâzıme" olarak tasnif edilmekteydi. Nezâretin kurulmasından sonra ise vakıflar genel anlamda; yönetimi doğrudan ve tamamen Evkāf-ı Hümâyun Nezâreti'ne geçen "evkāf-ı mazbuta", yönetimi hâlâ vakfiyede belirtilen özel şartlara göre atanan mütevelliler elinde olan ancak Nezâret'in denetimi altında olan "evkāf-ı mülhaka" ve idari-mali açıdan tamamen bağımsız kalabilen özel statülü "evkāf-ı müstesna" olmak üzere üç ana bölüme ayrılmıştır.[4]

Vakıfların merkezileştirilmesinin sebebi olarak; çok dağınık bir vaziyette olan vakıf yönetiminin tek elde toplanması, vakıf sektöründe baş gösteren yolsuzlukların ortadan kaldırılması, devlet yapısının Batı tarzında merkezî bir anlayışla yeniden düzenlenmesi ve Hazine kanalıyla vakıflar arası kaynak aktarımını gerçekleştirerek geliri giderini karşılamayan vakıflara destek sağlamak gibi düşünceler ön planda tutulmuştu. Ancak bu durumun dezavantajları çok daha fazlaydı. Vakıf arazilerinin satışa çıkarılması ve gelirlerinin doğrudan devletin kontrolü altına girmesinden vakıfların iktisadi yönünde ciddi zafiyetler meydana gelmiştir. Öyle ki nihayetinde vakıf sisteminin bu sebeple çöktüğü belirtilmektedir.[5]

Tüm bu olumsuzluklara rağmen "vakıflar arası kaynak aktarımını gerçekleştirerek geliri giderini karşılamayan vakıflara destek sağlamak" amacının faydaları da görülebilmektedir. Bahse konu fayda gündelik masraflardan ziyade olağanüstü zamanlarda görülmektedir. Söz gelimi deprem ya da yangın gibi büyük felaketler neticesinde tarihi eserler ciddi zarar görebilmektedir. Ortaya çıkan bu hasarı tazmin etmek için ise çok yüksek meblağlar gerekebilir. Fakat bu denli yüksek meblağların bir vakfın kendi akarları aracılığıyla ödenmesi oldukça zordur ve pek çok zaman da imkansızdır. Böyle bir durumda ise yapı ve dolayısıyla vakıf yok olma tehlikesi altındadır. Vakfın yok olması ise o vakfa bağlı olan sosyal hayatın da yok olması anlamına gelmektedir. Evkāf-ı mülhaka sistemi sayesinde ise devlet bu gibi durumlarda söz konusu vakfa kaynak ayırabilmektedir. Böylelikle eserin yok olmasının önüne geçip vakfın sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir. Çalışmamızda evkāf-ı mülhaka sistemi sayesinde yok olmaktan kurtulan vakıf eserlerine dair iki örneği inceleyeceğiz.

1.Rodos İbrahim Paşa Camii

Yapının inşaatına, Kanuni Sultan Süleyman Han'ın veziriazamı olan Pargalı İbrahim Paşa tarafından 1524 yılında başlanmıştır.[6] 1530-31 yılında inşaatı tamamlanan cami (Resim 1) günümüze ulaşmıştır. Rodos Adası'nda bulunan en eski cami olup[7] halihazırda adada ibadete açık olan tek camidir (Resim 2).

[2] Hacı Mehmet Günay, "Vakıf", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 2012), 42/476.
[3] Bahaeddin Yediyıldız, "Vakıf (Tarih)", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 2012), 42/485.
[4] Nazif Öztürk, "Evkāf-ı Hümâyun Nezâreti", *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayınları, 1995).
[5] Öztürk, "Evkāf-ı Hümâyun Nezâreti", 11/524.
[6] Mahmut Demir, "Makbûl İbrahim Paşa'nın Veziriazamlığı ve Mısır'daki Faaliyetleri", *Mediterranean Journal of Humanities* 4/1 (30 Haziran 2014), 105.
[7] Hermes Balducci, *Rodos'ta Türk Mimarisi*, çev. Celâlettin Rodoslu (Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1945), 87.

Resim 1. 19.yy'ın sonlarında Rodos İbrahim Paşa Camii[8]

Resim 2. Rodos İbrahim Paşa Camii, genel görünüm (2022)

Deprem kuşağında yer alan Rodos Adası'nda 1856 ve 1863 depremlerinde büyük yıkımlar meydana gelmiştir.[9] 1856 yılındaki depremde zarar gören yapılar içinde İbrahim Paşa Camii de bulunmaktadır. Arşiv kayıtlarında 1856 depremi akabinde H 29.04.1273 (M 27.12.1856) tarihli bir belgede, depremde yıkılan ve ağır hasar gören yapıların

[8] İstanbul Üniversitesi (İÜ), "Nadir Eserler Kütüphanesi" (Erişim 15 Haziran 2026).
[9] Ali Fuat Örenç, *Yakındönem Tarihimizde Rodos Adası* (İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, 2001), 398.

tamir edilmesi için Cezâyir-i Bahri Sefîd (Akdeniz Adaları) Vilâyetine, Tophâne-i Âmire Müşirine ve Maliye ile Evkāf-ı Hümâyun Nezâreti'ne yazı gönderilmiştir.[10] Söz konusu hasarın tespiti için hazırlanan keşif defterinde İbrahim Paşa Camii'nde yapılması gerekenler şu şekilde sıralanmıştır; caminin son cemaat yerinin dış taraftaki saçağının ve kiremitlerinin, iç kısmında ise üç kubbeli bölüm ile duvarların boyasının, ayrıca şadırvanın çatısı ve saçağının yarısının tamir edilmesi, iç kısmında da kubbe ve dört duvarının boyası ile toplamda yedi tane olan ismi âlînin (hat levhalarının) yenilenmesi, tepe camlarının dış kısmına tezyinatsız düz ince ahşap kafes ve bazı pencerelerin dışına yine kafes ile söve ve başlıklarına tezyinatlı ahşaplar yapılacak, son olarak caminin kapısı ile avlusundaki sıbyan mektebinin çatısının çeyreğinin tamiri ve boyanması gerekmektedir. Tüm bunlar için 3769 kuruş masraf çıkacağı belirtilmiştir.[11]

H 24-28.01.1302 (M 13-17.11.1884) tarihli belgelere göre ise bir yangın neticesinde caminin özellikle ahşap mahallerinde ciddi hasar oluşmuş ve yapılan keşfe göre 41.800 kuruş masraf çıkmıştır. Ortaya çıkan bu meblağın ödenmesi için yapılan yazışmalara göre Rodos'un bağlı olduğu Akdeniz Adaları Vilayeti çıkan masrafı ödemeyeceğini belirtmiştir. Buna sebep olarak ise padişahın buyruğu üzere bu caminin vakfının evkāf-ı mülhaka sistemine dahil olması hasebiyle hazine tarafından idare edilmesinden ötürü masrafların maliye bütçesinden karşılanması gerektiği beyan edilmiştir. Bu nedenle Maliye Nezareti tarafından hazırlanan bu belgelerde zikredilen 41.800 kuruş masrafın Maliye'nin bütçesinden karşılanması hususu padişaha arz edilmiştir. Kabul edilen bu arz Şura-i Devleti Evrak Odası'nda numaralandırılarak listeye eklenmiştir.[12]

Böylelikle her iki afet sebebiyle ortaya çıkan masraf, cami vakfının evkāf-ı mülhaka sistemine dahil olmasından dolayı doğrudan merkezi yönetimin hazinesi tarafından ödenmiştir.

2.Selanik Ayasofya Camii

Doğu Roma İmparatoru Jüstinyen devrinde (527- 565) bir kilise olarak inşa ettirilen yapının mimarı İstanbul'daki Ayasofya'nın mimarlarından olan Anthemios'tur.[13] Yapı Kanuni Sultan Süleyman Han zamanında 16.yy'ın ikinci çeyreğinde camiye çevrilmiştir.[14] 1912 yılına kadar cami olarak hizmet veren yapı (Resim 3), bu tarihten itibaren şehri Yunanların ele geçirmesinin akabinde tekrar kiliseye çevrilmiştir.[15] Halihazırda da kilise olarak kullanılmaktadır.

Resim 3. Selanik Ayasofya Camii (1880'ler)[16]

[10] Osmanlı Arşivi (BOA), *Sadaret Mektubî Kalemi Meclis-i Vâlâ Evrakı [A. MKT. MVL.]*, 83-71.
[11] BOA, *EV. d,* 16340.
[12] BOA, *ŞD*, 303- 37.
[13] Charles Texier - Richard Popplewell Pullan, *Byzantine Architecture; Illustrated By Examples of Edifices Erected In The East During The Earliest Ages of Christianity* (London: Day & Son, 1864), 143; Orest Tafrali, *Topographie de Thessalonique* (Paris: Paul Geuthner, 1913), 165-166.
[14] Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivi (VGMA), Vakıf Defteri (VD), No: 581 s. 76; Machiel Kiel, *Studies on the Ottoman Architecture of the Balkans* (Hampshire: Variorum, 1990), 148a.
[15] Semavi Eyice, "Ayasofya Camii", *TDV İslâm Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV İslâm Araştırmaları Merkezi, 1991), 4/221.
[16] İstanbul Üniversitesi (İÜ), "Nadir Eserler Kütüphanesi" (Erişim 15 Haziran 2026).

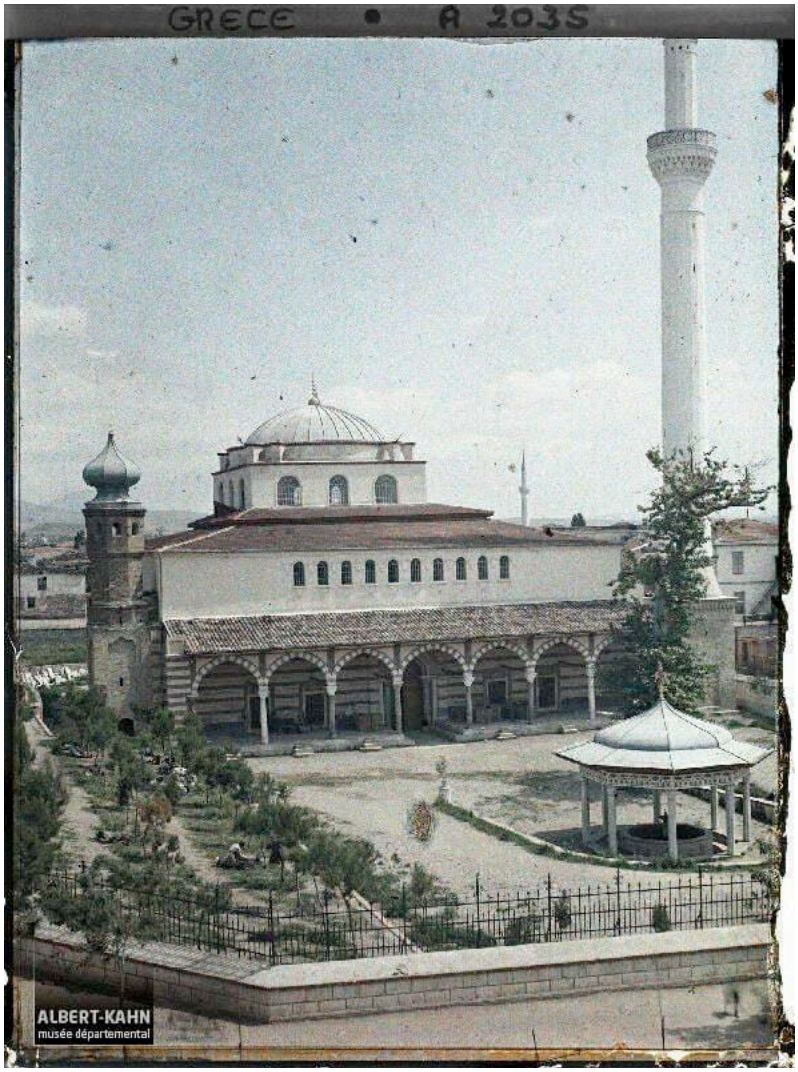
Tarih boyunca muhtelif sebeplerle pek çok defa tamir ve onarım geçiren yapıda 1890 yılında vuku bulan yangın neticesinde büyük çaplı hasar meydana gelmiştir (Resim 4).[17] Öyle ki yapının tamir edilip tekrardan ibadete açılması yaklaşık 20 yıl sürmüştür. Aslında tamirin kendisi bu kadar uzun sürmemiştir ancak bu dönemin Osmanlı Devleti'nin en sıkıntılı olduğu dönemlere denk gelmesinden kaynaklı gerekli incelemeler ve planlama süresi oldukça gecikmiştir.

Resim 4. 1890 yangını sonrası Ayasofya Camii (1890)[18]

Bu süreci anlatan arşiv belgelerinde "âsar-ı kadîmden olmasıyla harâb bir hâlde bırakılması lâyık olamayacağından" diye tarihi eser olarak nitelendirilen bu yapının, "Dersaadet'te bulunan Ayasofya Câmi-i Şerîfinin ikincisi" denilerek ehemmiyeti de ortaya konmuştur. Bu suretle bir an evvel tamir edilmesi gerektiği belirtilmiştir.[19] Ancak H 10.03.1322 (M 25.05.1904) tarihli bir belgede de görüldüğü üzere yapılan keşif sonucu 350.000 kuruşluk bir masrafın çıktığı ve kısa sürede müdahale edilmezse bu masrafın çok daha fazla artabileceği vurgulanmıştır.[20] Gerçekten de bu evrakta yazıldığı gibi tamirat için geç kalınmasından ötürü masraf ciddi bir biçimde artmıştır. Caminin tamiri için yapılan yazışmalara bakıldığında yaklaşık 580.000 kuruş harcanması gerektiği belirlenmiştir. Bu masrafın da yine cami vakfının evkāf-ı mülhakadan olması nedeniyle Maliye bütçesinden ödenmesi kararlaştırılmıştır.[21]

Oldukça uzun süren bu sürecin ardından yapılan tamirat neticesinde (Resim 5) Selanik Ayasofya Camii, 1911 yılında Sultan V. Mehmed Reşad Han'ın katılımıyla yeniden ibadete açılmıştır (Resim 6).

[17] Tafrali, *Topographie de Thessalonique*, 168; Charles Diehl vd., *Les Monuments Chrétiens de Salonique* (Paris, 1918), 117.
[18] Kültür Envanteri (KE), "Ayasofya, Selanik" (Erişim 15 Haziran 2026).
[19] BOA, *İ. ŞD*, 64-3741; *ŞD*, 296-30.
[20] BOA, *BEO*, 2341-175548.
[21] BOA, *ŞD*, 175-72.



Resim 5. Tamir bittikten sonra Selanik Ayasofya Camii (1913)[22]

Resim 6. Sultan V. Mehmed Reşad Han'ın katılımıyla Ayasofya Camii'nin yeniden ibadete açılışı (1911)[23]

[22] Kültür Envanteri (KE), "Ayasofya, Selanik" (Erişim 15 Haziran 2026).
[23] Eyice, "Ayasofya Camii", 4/221.

Sonuç

Evkāf-ı Hümayun Nezareti'nin kurulmasından ve vakıflarla alakalı her türlü olumsuzluğa rağmen evkāf-ı mülhaka sisteminin faydaları da olduğu muhakkaktır. Bu iki eserde de gördüğümüz üzere her iki yapı da gerçekleştirilen bu hayati müdahaleler sayesinde günümüze ulaşabilmiştir. Rodos İbrahim Paşa Camii, geçirdiği İtalyan ve Yunan işgal dönemlerine rağmen günümüze sağlam bir şekilde ulaşmıştır. Bu sayede bugün adada içinde ibadet edilebilen tek camidir. Tahrip olduğu dönemde Türk idaresi bölgeden ayrılmadan bu tamirler gerçekleştirilmeseydi adadaki pek çok eser gibi yok olması içten bile değildi. Öte yandan Selanik Ayasofya Camii, Selanik'in 1912'de elimizden çıkmasının akabinde kiliseye çevrildiği için günümüze de bu işleviyle kullanılmaktadır (Resim 7). Ancak o çalkantılı ve iktisadi olarak sıkıntılı dönemlerde Yunanların bu denli yüksek meblağları harcayıp bu eseri restore etme imkânı bulunmamaktaydı. Bu yüzden eğer eser zamanında tamir edilmeseydi belki de tamamen yıkılıp günümüze ulaşamayacaktı. Bu noktada vakıf eserlerinin sürdürülebilirliğini sağlama hususunda Evkāf-ı Hümayun Nezareti üstüne düşeni yapmıştır. Tüm bu neticeler evkāf-ı mülhaka sistemi ile yerinde ve zamanında yapılan müdahaleler sayesinde ortaya çıkmıştır.

Resim 7. Selanik Ayasofya'sının günümüzdeki hali (2022)

Kaynakça

Balducci, Hermes. *Rodos'ta Türk Mimarisi*. çev. Celâlettin Rodoslu. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1. Basım, 1945.

BOA, Osmanlı Arşivi. *Bâbıâli Evrak Odası [BEO]*. 2341-175548.

BOA, *Evkaf Defterleri [EV. d.]*. 16340.

BOA, *Sadaret Mektubî Kalemi Meclis-i Vâlâ Evrakı [A. MKT. MVL.]*. 83-71.

BOA, *Şura-yı Devlet Evrak [ŞD]*. 303- 37, 175-72, 296-30, 64-3741.

Demir, Mahmut. "Makbûl İbrahim Paşa'nın Veziriazamlığı ve Mısır'daki Faaliyetleri". *Mediterranean Journal of Humanities* 4/1 (30 Haziran 2014), 97-114. https://doi.org/10.13114/MJH.201416427

Diehl, Charles vd. *Les Monuments Chrétiens de Salonique*. Paris, 1918.

Eyice, Semavi. "Ayasofya Camii". *TDV İslâm Ansiklopedisi*. 4/221-222. İstanbul: TDV İslâm Araştırmaları Merkezi, 1991.

Günay, Hacı Mehmet. "Vakıf". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 42/475-479. İstanbul: TDV Yayınları, 2012.

İÜ, İstanbul Üniversitesi. "Nadir Eserler Kütüphanesi". Erişim 15 Haziran 2026. http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/FOTOGRAF/90806---0011.jpg

İÜ, İstanbul Üniversitesi. "Nadir Eserler Kütüphanesi". Erişim 15 Haziran 2026. https://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/FOTOGRAF/90423---0021.jpg

KE, Kültür Envanteri. "Ayasofya, Selanik". (Erişim 15 Haziran 2026). https://kulturenvanteri.com/yer/ayasofya-selanik/#15.9/40.633434/22.947358

Kiel, Machiel. *Studies on the Ottoman Architecture of the Balkans*. Hampshire: Variorum, 1990.

Örenç, Ali Fuat. *Yakındönem Tarihimizde Rodos Adası*. İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, 2001.

Öztürk, Nazif. "Evkāf-ı Hümâyun Nezâreti". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 11/521-524. İstanbul: TDV Yayınları, 1995.

Tafrali, Orest. *Topographie de Thessalonique*. Paris: Paul Geuthner, 1913.

Texier, Charles - Pullan, Richard Popplewell. *Byzantine Architecture; Illustrated By Examples of Edifices Erected In The East During The Earliest Ages of Christianity*. London: Day & Son, 1864.

VGMA, Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivi, *Vakıf Defteri [VD]*. No: 581 s. 76.

Yediyıldız, Bahaeddin. "Vakıf (Tarih)". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 42/479-486. İstanbul: TDV Yayınları, 2012.

ОТ ПАСТУШЬЕГО САЛАТА ДО «РУССКОГО»: ГАСТРОНОМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ СТЕРЕОТИПОВ (НА ПРИМЕРЕ САЛАТОВ В ТУРЕЦКОЙ, РУССКОЙ И ТАТАРСКОЙ КУХНЯХ)

FROM SHEPHERD'S SALAD TO «RUSSIAN» SALAD: GASTRONOMIC MIGRATION AND THE FORMATION OF STEREOTYPES (CASE STUDY OF SALADS IN TURKISH, RUSSIAN, AND TATAR CUISINES)

ÇOBAN SALATASINDAN «RUS» SALATASINA: GASTRONOMİK GÖÇ VE STEREOTİP OLUŞUMU (TÜRK, RUS VE TATAR MUTFAKLARINDAKİ SALATALAR ÖRNEĞİNDE)

Doç Dr. Alina S.Gaynutdinova[1]

Аннотация

В статье исследуются процессы гастрономической миграции, адаптации и формирования культурных стереотипов на примере трёх салатов в трёх кулинарных традициях: турецкого «пастушьего салата» (Çoban Salatası), русского летнего салата из огурцов и помидоров, салата «Оливье» (в Турции — «Rus Salatası») и салата «Цезарь» (в его турецкой и российской версиях). Актуальность исследования обусловлена растущим интересом к антропологии питания и процессам культурного трансфера в эпоху глобализации, когда блюда мигрируют, трансформируются и обрастают устойчивыми стереотипами.

Цель работы — выявить механизмы кулинарной адаптации и проследить, как формируются стереотипные представления о «своей» и «чужой» еде. Исследование выполнено на стыке культурологии, антропологии питания и сравнительного анализа кулинарных практик. Источниковая база включает кулинарную литературу, современные ресторанные меню, учебные пособия по сервису, научные публикации по микробиологии готовых блюд (как косвенное свидетельство укоренённости «Rus salatası» в турецкой культуре), а также метод включённого наблюдения в регионе активного межкультурного взаимодействия (г. Казань).

В результате исследования установлено, что идентичный набор продуктов может приобретать различное культурное звучание благодаря ключевому маркеру — заправке (оливковое масло в Турции и сметана в России). Показано, что салат «Оливье», мигрировав в Турцию с волной эмиграции, породил устойчивый стереотип «майонез = русская кухня», распространившийся на любые салаты с майонезной заправкой. Зеркальный процесс наблюдается в России с салатом «Цезарь», который, адаптируясь к местным предпочтениям, превратился в сытное блюдо с курицей и майонезом, полностью переосмыслив оригинальный рецепт.

Особое внимание уделено татарской кулинарной традиции как перекрёстку культур. На примере татарских названий и гибкости в выборе заправок демонстрируется способность татарской кухни синтезировать русские и турецкие влияния, сохраняя при этом собственную идентичность. Сделан вывод, что простое блюдо является носителем сложной культурной информации, отражающей историю миграций, экономические условия, межкультурные контакты и механизмы формирования стереотипов массового сознания.

Ключевые слова: Çoban Salatası, Rus Salatası, салат Цезарь, татарская кухня, межкультурная коммуникация.

[1] Kazan Federal Üniversitesi, ASGajnutdinova@kpfu.ru

Abstract

The article examines the processes of gastronomic migration, adaptation, and the formation of cultural stereotypes through three salads in three culinary traditions: Turkish «shepherd's salad» (Çoban Salatası), Russian summer salad of cucumbers and tomatoes, salad «Olivier» (known as «Rus Salatası» in Turkey), and «Caesar salad» in its Turkish and Russian versions. The relevance of the study stems from the growing interest in the anthropology of food and cultural transfer in the era of globalization, when dishes migrate, transform, and become surrounded by persistent stereotypes.

The aim of the work is to identify the mechanisms of culinary adaptation and to trace how stereotypical perceptions of «own» and «foreign» food are formed. The study is conducted at the intersection of cultural studies, anthropology of food, and comparative analysis of culinary practices. The source base includes culinary literature, contemporary restaurant menus, service textbooks, scientific publications on the microbiology of ready-to-eat foods (as indirect evidence of the entrenchment of «Rus Salatası» in Turkish food culture), as well as the method of participant observation in a region of active intercultural interaction (Kazan, Russia).

The research reveals that an identical set of products can acquire different cultural meanings due to a key marker—the dressing (olive oil in Turkey vs. sour cream in Russia). It is shown that the Olivier salad, having migrated to Turkey with a wave of emigration, gave rise to the stable stereotype «mayonnaise = Russian cuisine», which extended to any mayonnaise-dressed salads. A mirror process is observed in Russia with Caesar salad, which, adapting to local preferences, turned into a hearty dish with chicken and mayonnaise, completely reinterpreting the original recipe.

Special attention is paid to Tatar culinary tradition as a crossroads of cultures. Through the example of Tatar names and flexibility in choosing dressings, the ability of Tatar cuisine to synthesize Russian and Turkish influences while preserving its own identity is demonstrated. It is concluded that a simple dish can be a carrier of complex cultural information reflecting the history of migrations, economic conditions, intercultural contacts, and the mechanisms of mass consciousness stereotypes.

Keywords: Çoban Salatası, Rus Salatası, Caesar salad, Tatar cuisine, intercultural communication.

Özet

Bu makale, gastronomik göç, adaptasyon ve kültürel stereotiplerin oluşum süreçlerini üç salata örneği üzerinden incelemektedir: Türk «Çoban Salatası», Rus yaz salatası (domates ve salatalık), Türkiye'de «Rus Salatası» haline gelen «Olivye» salatası ve Rusya ile Türkiye'de özgün versiyonlar kazanan «Sezar Salatası». Çalışmanın önemi, küreselleşme çağında yemeklerin göç ettiği, dönüştüğü ve kalıcı stereotiplerle çevrelendiği bir dönemde beslenme antropolojisi ve kültürel aktarım süreçlerine artan ilgiden kaynaklanmaktadır.

Amaç, mutfak adaptasyon mekanizmalarını belirlemek ve «bizim» ve «yabancı» yemek hakkındaki stereotipik algıların nasıl oluştuğunu izlemektir. Araştırma, kültüroloji, beslenme antropolojisi ve mutfak pratiklerinin karşılaştırmalı analizinin kesiştiği noktada gerçekleştirilmiştir. Kaynak tabanı, yemek literatürü, güncel restoran menüleri, servis ders kitapları, hazır gıdaların mikrobiyolojisi üzerine bilimsel yayınlar («Rus Salatası»nın Türk yemek kültürüne yerleşmesinin dolaylı kanıtı olarak) ve aktif kültürlerarası etkileşim bölgesinde (Kazan, Rusya) katılımcı gözlem yöntemini içermektedir.

Araştırma sonucunda, aynı ürün setinin, temel bir belirteç (sos) sayesinde farklı kültürel anlamlar kazanabileceği ortaya konmuştur (Türkiye'de zeytinyağı vs. Rusya'da ekşi krema). Olivye salatasının bir göç dalgasıyla Türkiye'ye gelmesinin, «mayonez = Rus mutfağı» şeklinde kalıcı bir stereotip oluşturduğu ve bunun mayonezli tüm salatalara yayıldığı gösterilmiştir. Benzer bir süreç, Rusya'da Sezar salatasında gözlemlenmekte; yerel tercihlere uyum sağlayarak tavuk ve mayonezli doyurucu bir yemeğe dönüşmüş, orijinal tarifi tamamen yeniden yorumlamıştır.

Kültürlerin kesiştiği bir nokta olarak Tatar mutfak geleneğine özel önem verilmektedir. Tatar isimleri ve sos seçimindeki esneklik örneğiyle, Tatar mutfağının kendi kimliğini korurken Rus ve Türk etkilerini sentezleme yeteneği gösterilmiştir. Basit bir yemeğin, göç tarihini, ekonomik koşulları, kültürlerarası temasları ve kitle bilinci stereotiplerinin oluşum mekanizmalarını yansıtan karmaşık kültürel bilgilerin taşıyıcısı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çoban Salatası, Rus Salatası, Sezar Salatası, Tatar mutfağı, kültürlerarası iletişim.

Введение

В современном мире кулинарные традиции перестали быть замкнутыми локальными явлениями. Глобализация, миграция населения, развитие туризма и массовой культуры привели к активному перемещению рецептов через национальные границы. Попадая в новую культурную среду, блюдо неизбежно трансформируется, адаптируясь к местным вкусам, доступным ингредиентам и кулинарным привычкам. Этот процесс порождает любопытные феномены: блюдо может сохранить своё название, но полностью изменить состав, или, наоборот, получить новое имя, став символом «чужой» кухни, часто на основе устойчивых стереотипов.

Для целей настоящего исследования необходимо уточнить два ключевых понятия: гастрономическая миграция и кулинарный стереотип. Под гастрономической миграцией понимается трансграничное перемещение рецептов, сопровождающееся их адаптацией к новым ингредиентам, вкусовым предпочтениям и культурным кодам принимающего сообщества (Appadurai, 1996; Wilk, 2006). В отличие от простого заимствования, миграция блюда часто ведёт к изменению его социальной роли (из повседневного – в праздничное, из закуски – в основное блюдо).

Кулинарный стереотип определяется как устойчивое, упрощённое представление о «чужой» кухне, закреплённое за одним или несколькими маркёрными ингредиентами (например, майонез, укроп, сметана). Важно, что такой стереотип может генерализоваться: распространяться на все блюда, содержащие данный маркёр, независимо от их реального происхождения. Как показывают исследования антропологии питания (Counihan & Van Esterik, 2013), стереотипы особенно активно формируются в ситуациях массовой миграции, когда принимающая культура «упаковывает» чужую кухню в несколько запоминающихся признаков.

В данной работе мы опираемся на эти определения, чтобы показать, как салат «Оливье» породил в Турции стереотип «майонез = русская кухня», а салат «Цезарь» в России приобрёл черты «русского» сытного блюда, – два зеркальных процесса, отражающих механизмы кулинарной стереотипизации.
Особенно ярко эти механизмы прослеживаются на примере салатов — блюд, которые не требуют сложной термической обработки и чутко реагируют на изменения гастрономической моды. В данной статье мы рассмотрим три показательных случая кулинарной миграции и адаптации в контексте турецкой, русской и татарской культур: «пастуший салат» (Çoban Salatası) и русский летний салат из огурцов и помидоров; салат «Оливье», ставший в Турции «русским салатом» (Rus Salatası); и салат «Цезарь», который приобрёл уникальные черты как в России, так и в Турции, превратившись в «Sezar Salatası» с курицей и обильной заправкой.
Выбор этих трёх кейсов не случаен. Во-первых, они демонстрируют разные траектории адаптации: от почти полного сходства при разных названиях (Çoban Salatası и русский летний) до полного переосмысления рецепта при сохранении имени («Цезарь»). Во-вторых, каждый из них высвечивает важную роль кулинарных стереотипов. Почему любой салат с майонезом в Турции могут назвать «русским»? Почему в России «Цезарь» немыслим без курицы, хотя в оригинале её не было? Ответы на эти вопросы лежат в плоскости истории, антропологии питания и культурной психологии.

Особый интерес представляет татарская кулинарная традиция, выступающая своеобразным мостом между русской и турецкой культурами. На примере татарских названий и предпочтений в заправках («помидор-кыяр салаты» со сметаной или маслом, «рус салаты» для Оливье) можно увидеть, как гибко работает механизм заимствования и синтеза.

Цель данной работы — проанализировать механизмы гастрономической миграции и адаптации на примере трёх салатов в трёх культурах, выявить роль кулинарных стереотипов и показать, как простое, на первый взгляд, блюдо становится носителем сложной культурной информации.

Материалы и методы

Данное исследование носит качественный характер и опирается на междисциплинарный подход, сочетающий методы культурологии, антропологии питания и сравнительного анализа кулинарных практик. Основная цель методологии — проследить пути миграции рецептов и выявить механизмы их адаптации в трёх культурных контекстах: турецком, русском и татарском.

В качестве **источников материала** выступили несколько групп данных:

1. **Кулинарная литература и исторические источники:** классическая книга Ю.А. Ахметзянова «Татарские блюда» (Казань, 1985), работы В.В. Похлёбкина по истории национальных кухонь (2004), а также статьи и заметки об истории салатов «Цезарь» и «Оливье» (Rus salatası), включая данные о происхождении и миграции рецептов (Burke & Choate, 2009; Martin, 1974; Allison, 1990). Были также привлечены современные турецкие кулинарные издания (Aktaş, 2018; Birgül, 2020; Ünlü, 2015) и российские энциклопедии (Большая кулинарная энциклопедия, 2012; Ильина, 2010) для анализа рецептур.

2. **Современные меню ресторанов:** для анализа актуального состояния гастрономической традиции были изучены меню турецких и российских заведений общественного питания (например, меню «Alarkart»), а также турецкие учебные пособия по сервису (например, «Salataların Servisi» MEB, 2019), что позволило зафиксировать названия, состав и подачу исследуемых салатов на современном этапе.

3. **Научная периодика:** данные микробиологических исследований (статьи из журналов «Erciyes Üniv Vet Fak Derg» и «Van Veterinary Journal») о наличии *Listeria monocytogenes* и *Salmonella* в «Rus salatası» и других готовых к употреблению салатах (Al и др., 2020; Gökmen и др., 2016) были использованы как косвенное свидетельство широкой распространённости и укоренённости этого блюда в турецкой культуре питания. Методологические работы по детекции листерий (Border и др., 1990; Doumith и др., 2004; Ward и др., 2004) упоминаются в контексте обоснования достоверности используемых микробиологических методов.

4. **Метод включённого наблюдения и личный опыт:** автор является носителем татарской и русской культур и проживает в регионе активного межкультурного взаимодействия (г. Казань), что позволяет использовать личные наблюдения за повседневными кулинарными практиками, бытовыми названиями блюд и предпочтениями в заправках.

Критерии анализа

Для каждого из трёх выбранных блюд (Çoban Salatası, Rus Salatası / Оливье, Sezar Salatası / Цезарь) анализ проводился по следующим параметрам:

- **Происхождение и миграция:** историческая родина рецепта, пути и предполагаемое время его проникновения в другую культуру.
- **Лингвистический аспект:** название блюда в принимающей культуре (калька, заимствование, описательное имя).
- **Трансформация рецепта:** изменения в составе ингредиентов и технологии приготовления по сравнению с исходным вариантом.
- **Функциональность и стереотипизация:** как блюдо воспринимается в новой культуре (повседневное, праздничное, «чужое», «своё»); какие устойчивые стереотипы с ним связаны (например, «майонез = русский салат»).
- **Татарский контекст:** специфика бытования этих блюд в татарской кухне, их названия на татарском языке и особенности адаптации (например, выбор заправки — сметана или масло).

Сопоставление данных из этих разнородных источников позволило реконструировать процессы кулинарной глобализации и локализации и сделать выводы о механизмах формирования гастрономических стереотипов.

Результаты

«Русский салат» в Турции: история одного стереотипа

История салата «Оливье», ставшего в Турции «Rus Salatası», — это классический пример кулинарной миграции, за которой последовала глубокая адаптация и формирование устойчивого гастрономического стереотипа.

Происхождение и миграция. Родина блюда — Россия второй половины XIX века, где французский повар Люсьен Оливье создал изысканный салат, быстро ставший символом праздничного стола (Похлёбкин, 2004). Ключевой ингредиент — майонез собственного приготовления — был новинкой для русской кухни. В Турцию рецепт попал, вероятно, несколькими волнами, но основную роль сыграла массовая эмиграция из России после Октябрьской революции 1917 года. Десятки тысяч белоэмигрантов, многие из которых принадлежали к дворянским и офицерским семьям, осели в Стамбуле, принеся с собой свои кулинарные привычки. Сытный, щедро заправленный майонезом салат произвёл впечатление на местных жителей, чья кухня традиционно использовала лёгкие заправки на основе оливкового масла, лимона и йогурта.

Трансформация и стереотип. Со временем точный рецепт «Оливье» в массовом сознании турок стёрся, но главная его особенность — обилие майонеза — стала доминирующей и закрепилась как маркер «русскости». Произошла генерализация: любое блюдо, где майонез является основной или единственной заправкой, стали называть «Rus Salatası», независимо от конкретного состава. Так, в Турции можно встретить:

- Классический «Rus Salatası» — близкий аналог «Оливье» (картофель, морковь, горошек, майонез, часто с корнишонами и варёной колбасой).
- «Pancar Rus Salatası» — салат из отварной свёклы с майонезом и чесноком (аналог «селёдки под шубой» без сельди).
- Салаты с крабовыми палочками, кукурузой и майонезом, которые также могут быть отнесены к этой категории.
-

Этот процесс прекрасно иллюстрирует, как кулинарный стереотип («майонез = русская кухня») подменяет собой конкретный исторический рецепт. Возникнув на волне эмиграции, он закрепился в массовом сознании и продолжает воспроизводиться до сих пор. Данное наблюдение подтверждается и микробиологическими исследованиями: наличие *Listeria monocytogenes* и *Salmonella* в образцах «Rus salatası», отобранных в турецких провинциях (Al и др., 2020; Gökmen и др., 2016), косвенно свидетельствует о том, что это блюдо прочно вошло в повседневную культуру питания и производится в массовом масштабе, как в домашних условиях, так и в предприятиях общепита. Разработанные методы ПЦР-детекции (Border и др., 1990; Doumith и др., 2004; Ward и др., 2004) позволяют с высокой точностью выявлять эти патогены, что делает результаты таких исследований особенно значимыми.

Зеркальный процесс: «Цезарь» в России. Интересно, что практически идентичный механизм адаптации мы наблюдаем и в России, но уже на примере салата «Цезарь». Попав в страну в 1990-е годы, этот салат, изначально овощной, с лёгкой заправкой на основе анчоусов и яйца, претерпел радикальные изменения. В соответствии с русской кулинарной традицией, предпочитающей сытные салаты (вспомним тот же «Оливье»), он превратился в полноценное основное блюдо с обязательной курицей (или креветками, лососем), майонезной заправкой и большим количеством сухариков. В российских кулинарных книгах (Большая кулинарная энциклопедия, 2012; Ильина, 2010) «Цезарь» описывается именно как салат с курицей и майонезной заправкой. Таким образом, «Rus Salatası» в Турции и «Цезарь» в России — это два зеркальных отражения одного и того же процесса: мигрировавшее блюдо адаптируется под местные вкусы, обрастая стереотипами, которые со временем становятся его новой нормой.

Татарский контекст. Татарская кухня, как и русская, восприняла «Оливье» с энтузиазмом. Он является непременным атрибутом праздничного, особенно новогоднего, стола. Названия используются как заимствованные, так и описательные:

- **«Рус салаты» —** прямой перевод, самое распространённое название.
- **«Оливье салаты» —** также широко используется.
- В быту можно услышать и «майонезлы салат» («салат с майонезом»), что прямо указывает на ключевой, стереотипный признак блюда, точно так же, как в Турции.
-

Рецепт полностью соответствует советскому «Оливье»: колбаса или отварное мясо, варёные картофель, морковь, яйца, консервированный горошек, обильно заправленные майонезом (Ахметзянов, 1985). Это ещё раз подчёркивает, что татарская культура выступает здесь не изолированным феноменом, а частью общего постсоветского пространства с его кулинарными привычками, при этом сохраняя возможность для лингвистической вариативности (использование как заимствованных, так и описательных названий).

Глобальный рецепт и локальные версии: салат «Цезарь» в Турции и России

История салата «Цезарь» отличается от двух предыдущих. Если Çoban Salatası и русский летний салат родились из народной традиции, а «Оливье» мигрировал вместе с носителями культуры, то «Цезарь» — продукт глобализации ресторанной культуры XX века. Согласно кулинарным справочникам (Burke & Choate, 2009; Martin, 1974; Allison, 1990), его создатель, итало-американец Цезарь Кардини, изобрёл салат в мексиканском приграничном городе Тихуана в 1924 году, чтобы обслужить американских туристов. Таким образом, с самого начала это был космополитичный рецепт, предназначенный для интернациональной аудитории.

Оригинальный рецепт (по версии Кардини) радикально отличался от современных массовых версий:

- Основа — целые листья салата ромэн.
- Заправка — оливковое масло, яйца, сваренные всмятку, лимонный сок, вустерский соус, чеснок, пармезан и чёрный перец.
- Важный момент: никаких анчоусов, курицы, креветок или сухариков в оригинале не было! Сухарики (крутоны) и анчоусы добавились позже, став неотъемлемой частью популярной версии (Burke & Choate, 2009).

Турецкая версия: Sezar Salatası. В Турции салат «Цезарь» (произносится как «Сэзар салатасы») прочно вошёл в ресторанное меню, но приобрёл свои характерные черты. Современные турецкие кулинарные издания (Aktaş, 2018; Birgül, 2020; Ünlü, 2015) предлагают различные вариации этого салата.

- Название: прямая транслитерация с английского — Sezar Salatası.
- Основа: чаще используется салат Айсберг, более доступный и хрустящий, чем ромэн.
- Заправка: в качественных заведениях подают классический соус «Цезарь» на основе анчоусов, но в демократичных местах могут использовать майонезные варианты.
- Главная особенность: обязательное добавление белка. Чаще всего это курица-гриль (ızgara tavuk), реже — креветки. Салат превращается в сытное основное блюдо.
- Сухарики и сыр: крутоны и пармезан присутствуют обязательно.

Российская версия: салат «Цезарь». В Россию «Цезарь» пришёл в 1990-е годы вместе с открытием первых «западных» ресторанов. Здесь он подвергся, пожалуй, самой радикальной адаптации, которая во многом зеркальна турецкой, но имеет и свои нюансы. Как отмечается в российских источниках (Большая кулинарная энциклопедия, 2012; Ильина, 2010), «Цезарь» в России — это прежде всего салат с курицей.

- Название: калька — салат «Цезарь».
- Основа: чаще смесь Айсберга и ромэна.
- Заправка: произошла фундаментальная замена. Классический соус уступил место майонезу или майонезным соусам с чесноком и сыром. Это ключевое отличие, отражающее привычку к «тяжёлым» заправкам.
- Белок: обязательная курица, реже креветки или лосось. Без курицы «Цезарь» в России не считается полноценным блюдом.
- Сухарики: обязательный и любимый компонент, часто с чесночным вкусом.

- Дополнения: помидоры черри, иногда варёные яйца.

Сравнительный анализ. Для наглядности представим данные в виде таблицы:

Аспект	**Оригинал (Цезарь Кардини, 1924)**	**Турецкая версия (Sezar Salatası)**	**Российская версия (салат «Цезарь»)**
Название	Caesar Salad	Sezar Salatası	Салат «Цезарь»
Основа	Листья ромэна	Чаще Айсберг	Чаще Айсберг / ромэн
Заправка	Яйца всмятку, оливковое масло, лимон, вустерский соус	Классический соус «Цезарь» (иногда майонезный)	Часто на основе майонеза
Белок	Не было	Часто курица-гриль или креветки	Часто курица, реже креветки/лосось
Сухарики	Не было	Есть (обязательно)	Есть (обязательно)
Сыр	Пармезан	Пармезан	Пармезан
Статус	Закуска	Основное блюдо (с курицей)	Основное блюдо (с курицей)

Таким образом, и в Турции, и в России салат «Цезарь» перестал быть закуской и превратился в полноценное основное блюдо за счёт добавления белка. Однако путь адаптации различается: Турция осталась ближе к классической заправке, но заменила зелень на более привычный Айсберг, тогда как Россия кардинально изменила саму заправку, заменив её на майонез, что сближает этот салат с традиционными русскими салатами типа «Оливье».

Татарский контекст. В Татарстане, как и в остальной России, салат «Цезарь» популярен и представлен в меню практически всех ресторанов европейской и смешанной кухни. Название используется на русском языке, рецептура — общероссийская (с курицей, майонезной заправкой). Специфически татарской версии «Цезаря» не сложилось, что говорит о том, что это блюдо воспринимается как современное, «городское», не требующее этнической маркировки. Тем не менее, его повсеместное присутствие в меню заведений Казани подтверждает его интегрированность в современную татарстанскую культуру питания.

Заключение

Проведённое исследование на примере трёх салатов — Çoban Salatası / русского летнего, Rus Salatası / Оливье и Sezar Salatası / Цезаря — в трёх культурных контекстах (турецком, русском, татарском) позволило выявить сложные механизмы гастрономической миграции, адаптации и формирования кулинарных стереотипов.

Первый кейс продемонстрировал, как идентичный набор продуктов (помидоры, огурцы, лук) может приобретать различное культурное звучание благодаря ключевому маркеру — заправке, что отражает глубинные различия в сельскохозяйственных традициях и повседневных практиках (средиземноморская функциональность vs восточноевропейское дачное изобилие).

Второй кейс — история «Rus Salatası» в Турции и зеркальная ей история «Цезаря» в России — наглядно показал силу кулинарного стереотипа. Майонез, ставший для турок символом «русскости», и курица с майонезом, ставшая для россиян неотъемлемой частью «Цезаря», демонстрируют, как блюдо, мигрировав, может не просто адаптироваться, а породить устойчивый стереотип, который начинает жить собственной жизнью, подчиняя себе другие рецепты.

Третий кейс, рассмотренный через призму татарской кулинарной традиции, выявил уникальную роль Татарстана как перекрёстка культур. Татарская кухня, сохраняя собственную идентичность, демонстрирует высокую адаптивность: она либо синтезирует разные подходы к одному блюду (выбор заправки в «помидор-кыяр салаты»), либо заимствует чужие рецепты, маркируя их как описательно («майонезлы салат»), либо интегрируется в общероссийское пространство без этнической маркировки (салат «Цезарь»).

Таким образом, простое, на первый взгляд, блюдо оказывается носителем сложной культурной информации, отражающей историю миграций, межкультурные контакты, экономические условия и устойчивые стереотипы массового сознания. Гастрономия выступает не только как сфера удовлетворения базовых потребностей, но и как зеркало, в котором отражаются процессы глобализации и локализации, заимствования и синтеза, формирования «своего» и «чужого».

Литература

Aktaş F. Türk Mutfağı: Geleneksel ve Modern Tarifler / F. Aktaş. — Ankara: Bilgi Yayınevi, 2018. — 450 s.

Al S., Barel M., Dışhan A., Karadal F., Hızlısoy H., Ertaş Onmaz N., Yıldırım Y., Gönülalan Z. Tüketime hazır gıdalarda Listeria monocytogenes varlığının araştırılması // Erciyes Üniv Vet Fak Derg. — 2020. — 17(2). — S. 149-155.

Alarkart Menü [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://tesislerimiz.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2025/06/alarkart-menu-fb.pdf (дата обращения: 07.03.2026).

Allison S. Caesar salad // The Cassell Food Dictionary. — London: Cassell, 1990. — P. 63.

Appadurai A. Modernity at Large: Cultural Dimensions of Globalization. – 1996. P-229.

Birgül R. Refika'nın Mutfağı: Pratik Salatalar / R. Birgül. — İstanbul: Doğan Kitap, 2020. — 200 s.

Border P.M., Howard J.J., Plastow G.S., Siggens K.W. Detection of Listeria species and Listeria monocytogenes using polymerase chain reaction // Lett Appl Microbiol. — 1990. — 11(3). — P. 158-162.

Burke D., Choate J. Caesar salad // David Burke's New American Classics. — Knopf Doubleday Publishing Group, 2009. — P. 67.

Counihan C., Van Esterik P. Food and Culture: A Reader. – 2013. P-608.

Doumith M., Buchrieser C., Glaser P., Jacquet C., Martin P. Differentiation of the major Listeria monocytogenes serovars by multiplex PCR // J Clin Microbiol. — 2004. — 42(8). — P. 3819-3822.

Gökmen M., Akkaya L., Kara R. Balıkesir'de satışa sunulan bazı tüketime hazır gıdalarda Salmonella spp. ve Listeria monocytogenes'in yaygınlığı // Van Vet J. — 2016. — 27(1). — S. 31-36.

Martin R. Caesar salad // International Dictionary of Food and Cooking. — New York: Hastings House, 1974. — P. 50.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. Yiyecek İçecek Hizmetleri: Salataların Servisi. — Ankara, 2019. — 40 s.

Ünlü A. Dünya Mutfağından Seçme Salatalar / A. Ünlü. — İstanbul: Alfa Yayınları, 2015. — 320 s.

Ward T.J., Gorski L., Borucki M.K., Mandrell R.E., Hutchins J., Pupedis K. Intraspecific phylogeny and lineage group identification based on the prfA virulence gene cluster of Listeria monocytogenes // J Bacteriol. — 2004. — 186(15). — P. 4994-5002.

Wilk R. Home Cooking in the Global Village. – 2006. P-228.

Ахметзянов Ю.А. Татарские блюда. — Казань: Татарское книжное издательство, 1985. — 192 с.

Большая кулинарная энциклопедия / под ред. Е.М. Величко. — Санкт-Петербург: Ленинградское издательство, 2012. — 800 с.

Ильина И.И. Салаты: 1000 лучших рецептов / сост. И.И. Ильина. — Москва: Эксмо, 2010. — 512 с.

Похлёбкин В.В. Национальные кухни наших народов. — Москва: Центрполиграф, 2004. — 400 с.

TÜRKİYE VE TATARİSTAN'DAKİ ANIT AĞAÇLAR: KÜLTÜREL MİRAS, KORUMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

MONUMENTAL TREES IN TURKEY AND TATARSTAN: CULTURAL HERITAGE, CONSERVATION AND SUSTAINABILITY

Doç Dr. Alina S.Gaynutdinova[1]

Özet

Yüzyıllara tanıklık eden yaşlı ağaçlar, doğal güzelliklerinin yanı sıra kültürel belleğin canlı taşıyıcıları olarak da eşsiz bir değere sahiptir. Günümüzde dünyanın dört bir yanında bu ağaçları tespit etmek, korumak ve gelecek nesillere aktarmak için çeşitli programlar yürütülmektedir. Bu makale, Türkiye ve Tataristan'daki anıt ağaç kavramını karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Çalışmanın amacı, her iki bölgede yaşlı ağaçların korunmasına yönelik geliştirilen programları, bu ağaçların mitolojik ve kültürel kökenlerini, devlet tarafından alınan koruma önlemlerini ve günümüzde karşılaşılan ortak sorunları analiz etmektir. Araştırmada nitel yöntem kullanılmış, konuyla ilgili yasal düzenlemeler, ulusal envanterler, bilimsel yayınlar ve medya kaynakları taranmıştır. Anıt ağaç temasının sinemadaki yansıması, Türkiye'den «Çınar Ağacı» filmi ve Rusya'dan «Beyaz Bim Siyah Kulak», «İnsanın Kaderi» ile «Meşe» belgeseli gibi örnekler üzerinden ele alınarak, kültürel belleğin sinema aracılığıyla nasıl canlı tutulduğu gösterilmektedir. Türkiye'de «Anıt Ağaç» programı, Rusya ve Tataristan'da ise «Yaşayan Doğa Anıtları» programı çerçevesinde korunan ağaçlar somut örneklerle sunulmaktadır: Artvin'deki 642 yıllık armut ağacı, Bursa'daki 610 yıllık çınar, Kazan'daki 200 yıllık meşe, Rayfa'daki çam, Pestreçi'deki dev meşe, «Şapkalı Ladin», Dolgaya Polyana ladini, Kukmor ve Menzelinsk meşeleri ile Kazan'ın en yüksek ağacı. Kazan'daki «Sovetler Kanadı» ve Uritski parkları örnekleri, ağaçların savaş anıtı ve toplumsal mücadele sembolü olarak rolünü ortaya koymaktadır. Türk ve Tatar mitolojisinde ağaçların kutsal (huş, meşe, çınar) ve yasaklı (titrek kavak, mürver, kızılağaç, söğüt) olarak sınıflandırılması ele alınmakta, geleneksel inanışların modern koruma anlayışına nasıl zemin hazırladığı tartışılmaktadır. Çalışma, Amerikan akçaağacı gibi istilacı türlerle mücadelede her iki ülkenin benzer yaklaşımlar sergilediğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, anıt ağaçların korunmasının yalnızca ekolojik bir mesele değil, aynı zamanda kültürel mirasın ve kimliğin yaşatılması açısından da hayati önem taşıdığı vurgulanmakta, bu konuda uluslararası iş birliğinin gerekliliğine dikkat çekilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anıt ağaç, kültürel miras, doğa koruma, mitoloji, istilacı türler.

[1] Kazan Federal Üniversitesi, ASGajnutdinova@kpfu.ru

Abstract

Old trees that have witnessed centuries are of unique value not only for their natural beauty but also as living carriers of cultural memory. Today, various programs are being implemented around the world to identify, protect and pass on these trees to future generations. This article provides a comparative analysis of the concept of monumental trees in Turkey and Tatarstan. The aim of the study is to analyze the programs developed for the protection of old trees in both regions, the mythological and cultural origins of these trees, state protection measures and common current challenges. The research employs a qualitative method, reviewing legal regulations, national inventories, scientific publications and media sources. The reflection of the monumental tree theme in cinema is examined through examples from Turkey (the film «Çınar Ağacı») and Russia (the films «White Bim Black Ear», «Destiny of a Man», and the documentary «The Oak»), demonstrating how cultural memory is kept alive through cinema. Concrete examples of trees protected under the «Anıt Ağaç» program in Turkey and the «Living Nature Monuments» program in Russia and Tatarstan are presented: the 642-year-old pear tree in Artvin, the 610-year-old plane tree in Bursa, the 200-year-old oak in Kazan, the pine in Raifa, the giant oak in Pestreçi, the «Spruce with a Cap», the Dolgaya Polyana spruce, the Kukmor and Menzelinsk oaks, and the tallest tree in Kazan. The cases of Kazan's «Krylya Sovetov» and Uritsky parks reveal the role of trees as war memorials and symbols of civic struggle. The classification of trees as sacred (birch, oak, plane) and forbidden (aspen, elder, alder, willow) in Turkic and Tatar mythology is discussed, showing how traditional beliefs laid the groundwork for modern conservation approaches. The study reveals that both countries employ similar strategies in combating invasive species such as the American maple. In conclusion, the protection of monumental trees is emphasized not only as an ecological issue but also as vital for preserving cultural heritage and identity, highlighting the need for international cooperation in this field.

Keywords: Monumental tree, cultural heritage, nature conservation, mythology, invasive species.

Giriş

Yüzyıllara tanıklık eden yaşlı ağaçlar, yalnızca doğal güzellikleriyle değil, aynı zamanda kültürel belleğin canlı taşıyıcıları olarak da eşsiz bir değere sahiptir. Dünyanın dört bir yanında bu ağaçları tespit etmek, korumak ve gelecek nesillere aktarmak için çeşitli programlar yürütülmektedir (The Woodland Trust, 2023). Türkiye'de «Anıt Ağaç» (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023a), Rusya ve Tataristan'da ise «Yaşayan Doğa Anıtları» (Всероссийская программа, 2023) adıyla bilinen bu programlar, asırlık ağaçların korunmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada «anıt ağaç» kavramı, Türkiye ve Rusya/Tataristan mevzuatlarına dayanarak aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır. Türkiye'de «anıt ağaç», 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu ile Tarım ve Orman Bakanlığı'nın ilgili yönetmelikleri çerçevesinde, tarihî, mitolojik, estetik veya bilimsel değer taşıyan ve devlet envanterine kaydedilmiş ağaçtır. Yaş kriteri genellikle 100 yıl ve üzeridir, ancak daha genç ağaçlar da önemli bir olay veya kişiyle bağlantılıysa anıt statüsü alabilir.

Rusya ve Tataristan'da ise «Yaşayan Doğa Anıtları» (Всероссийская программа «Деревья – памятники живой природы») programı kapsamında, yaşı 100 ve üzerinde olan veya kültürel-tarihsel önem taşıyan ağaçlar gönüllü kayıt esasına göre sertifikalandırılır. Koruma tedbirleri (budama, zararlılarla mücadele, çevre düzenlemesi) yerel yönetimler ve gönüllüler tarafından yürütülür.

Kültürel miras ise bu çalışmada, bir ağaca atfedilen somut olmayan anlamlar bütünü olarak ele alınmaktadır: mitler, ritüeller, kolektif hatıralar, savaş veya direniş sembolleri. Başka bir deyişle, anıt ağaçlar yalnızca biyolojik varlıklar değil, aynı zamanda kimliğin, hafızanın ve aidiyetin canlı taşıyıcılarıdır (Lowenthal, 1985; Tilley, 1994). Bu çift yönlü doğa – biyolojik ve sembolik – onları disiplinlerarası analiz için ideal bir nesne haline getirir.

Bu makale, iki farklı coğrafyada – Türkiye ve Tataristan'da – anıt ağaç kavramının nasıl anlaşıldığını ve korunduğunu karşılaştırmalı olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, öncelikle Türk ve Tatar mitolojisinde ağaçların kutsal ve yasaklı olarak sınıflandırılması ele alınacak, ardından her iki bölgedeki anıt ağaç programları somut örneklerle tanıtılacaktır. Son olarak, günümüzde karşılaşılan ortak sorunlardan biri olan istilacı türlerle mücadele konusuna değinilecek ve her iki ülkenin bu alandaki deneyimleri karşılaştırılacaktır.

Anıt Ağaçların Tarihi ve Mitolojik Kökenleri

Hayat Ağacı ve Türk Mitolojisinde Kutsal Ağaçlar

Eski Türklerde ağaçlar, dünyanın merkezinde yer alan ve üç alemi (gök, yer, yeraltı) birbirine bağlayan Hayat Ağacı (Bay Terek) figürüyle sembolleşmiştir (Полосьмак, 2001). Bu kutsal ağaç, şaman ritüellerinde, destanlarda ve günlük yaşamda önemli bir rol oynamıştır.

Tatar geleneğinde kutsal kabul edilen ağaçlar arasında huş ağacı (каен), meşe (имән) ve karaağaç (бяз) öne çıkar. Huş ağacı ölenlerin ruhlarıyla ilişkilendirilirken, meşe gücün ve uzun ömrün simgesi olmuştur. Karaağaç ise kötü ruhlara karşı koruyucu olarak görülmüştür (Похлёбкин, 2004). Türk kültüründe ise çınar en kutsal ağaçlardan biridir. Uzun ömrü ve görkemli duruşuyla bilgeliği ve koruyuculuğu simgeler. Ardıç da nazardan koruyucu özelliğiyle bilinir (Похлёбкин, 2004).

Geleneksel İnanışlarda Yasaklı ve Tehlikeli Ağaçlar

Kutsal ağaçların yanı sıra, halk inanışında bazı ağaçlar uğursuz veya tehlikeli kabul edilmiştir. Tatar kültüründe titrek kavak (утын агачы) üzerinde kötü ruhların (şüräle) oturduğuna inanıldığı için evlerin yakınına dikilmezdi. Mürver (кара карлыган) ve kızılağaç (зверлек) da benzer şekilde olumsuz anlamlar taşımıştır. Söğüt (тал) ise su kenarında yetiştiği ve su ruhlarının mekânı olduğu için tekin sayılmamıştır (Похлёбкин, 2004). Türk folklorunda da titrek kavak, mürver ve söğüt benzer olumsuz anlamlarla anılmıştır.

Bu geleneksel yasaklar, modern koruma anlayışının habercisi niteliğindedir. Atalarımız, tıpkı bugün bizim gibi, bazı ağaçları korunması gereken varlıklar olarak görmüşlerdir.

Kutsal Korular ve Ziyaret Yerleri

Türk ve Tatar kültüründe, içinde evliya mezarları bulunan veya kutsal kabul edilen korular (Tat. кирәмәт) büyük saygı görmüştür. Buralarda ağaç kesmek, dal kırmak kesinlikle yasaktır (Полосьмак, 2001). Bu gelenek, günümüzdeki özel koruma alanları anlayışının temelini oluşturur.

Türkiye'de Anıt Ağaçlar ve Koruma Önlemleri

Türkiye'de anıt ağaçların korunması, Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Orman Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen «Anıt Ağaç» programı kapsamında gerçekleştirilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023a).

Örnekler

Artvin'deki 642 Yıllık Armut Ağacı: Artvin Çoruh Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ertuğrul Düzgüneş liderliğindeki bir ekip, 2013-2014 yıllarında yaptıkları araştırmada, 642 yaşında yabani bir armut ağacı (Pyrus elaeagrifolia) tespit etmiştir (Düzenjine & Aydın, 2015; Hürriyet, 2014). Dendrokronoloji yöntemiyle yaşı belirlenen ağaç, 9 metre boyu ve 2,7 metre gövde çevresiyle dikkat çekmektedir.

Bursa'daki 610 Yıllık Çınar Ağacı: Bursa'nın Kestel ilçesinde bulunan doğu çınarı (Platanus orientalis), 610 yaşındadır (Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, 2021). 35 metre yüksekliğindeki bu dev çınar, Osmanlı dönemine tanıklık etmiş, kervanlara gölge olmuştur. Günümüzde çevresi düzenlenmiş ve koruma altına alınmıştır.

Koruma Önlemleri

Türkiye'de anıt ağaçlar, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu ile güvence altındadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023a). Her ağaç için ulusal envanterde bir «pasaport» düzenlenir. Düzenli aralıklarla (1-3 yılda bir) yapılan kontrollerde ağacın sağlık durumu izlenir, gerekirse bakım yapılır (yaraların tedavisi, kuru dalların budanması, yıldırımdan koruma sistemlerinin kurulması). Ayrıca, bu ağaçlar ekoturizmin önemli bir parçası haline getirilerek çevrelerinde bilgi panoları, yürüyüş yolları gibi düzenlemeler yapılır.

Tataristan'da Anıt Ağaçlar ve Koruma Önlemleri

Rusya'da 2010 yılında başlatılan «Yaşayan Doğa Anıtları» (Всероссийская программа «Деревья – памятники живой природы») programı, Tataristan dahil tüm bölgelerde yürütülmektedir (Всероссийская программа, 2023). Program, Tataristan Orman Bakanlığı ve yerel yönetimler tarafından desteklenmektedir (Министерство лесного хозяйства РТ, 2023).

Örnekler

KFU Botanik Bahçesi'ndeki Meşe (Kazan): 200-220 yaşındaki bu meşe (Quercus robur), Ulusal Kayıt'ta 395 numarayla yer almakta olup 2018'de «Yaşayan Doğa Anıtı» statüsü almıştır (Всероссийская программа, 2023). 19. yüzyıl başında kurulan Botanik Bahçesi ile yaşıttır.

Sabinskiy Bölgesi'ndeki Çam: 170 yaşındaki adi çam (Pinus sylvestris), türünün Tataristan'daki en iyi örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Всероссийская программа, 2023).

Zelenodolsk Bölgesi'ndeki Meşe: 180 yaşındaki bu meşe, genetik rezerv ve doğa anıtı olarak korunmaktadır (Всероссийская программа, 2023).

Diğer Önemli Ağaçlar: Rayfa Koruma Alanı'ndaki çam (Раифский заповедник, 2023), Pestreçi'deki dev meşe, «Şapkalı Ladin» (Ель с шапкой) (Миллиард.Татар, 2023), Dolgaya Polyana'daki ladin (Хафизов, 2021), Kukmor ve Menzelinsk meşeleri, Aşağı Kama Parkı'ndaki anıt ağaçlar (Природный парк «Нижняя Кама», 2023)

ve Kazan'ın en yüksek ağacı (Татарстанская митрополия, 2023) Tataristan'ın doğal mirasının önemli parçalarıdır.

Koruma Önlemleri

«Yaşayan Doğa Anıtı» statüsü, Rusya Federasyonu'na bağlı cumhuriyetler düzeyinde tanınır. Ulusal kayıtta yaklaşık 500 ağaç bulunmaktadır (Всероссийская программа, 2023). Tescil süreci, vatandaş veya kuruluşların başvurusuyla başlar; uzmanlar tarafından ağacın yaşı ve sağlık durumu tespit edilir. Bakım ve iyileştirme planı, yaraların tedavisi, kurumaların temizlenmesi, tacın desteklenmesi gibi işlemleri içerir. Yerel halkın gönüllü katılımı, bu programın en önemli ayaklarından biridir (Министерство лесного хозяйства РТ, 2023).

Karşılaştırmalı Analiz

Aşağıdaki tablo, Türkiye ve Tataristan'daki anıt ağaç programlarının temel özelliklerini karşılaştırmaktadır:

Kriter	Türkiye	Tataristan / Rusya
Program adı	«Anıt Ağaç»	«Yaşayan Doğa Anıtları»
Yasal dayanak	2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu	Federal ve bölgesel mevzuat; program kapsamında gönüllü tescil
Envanter	Ulusal, zorunlu	Ulusal, gönüllü (yaklaşık 500 ağaç)
En yaşlı örnekler	642 yıl (Artvin armudu), 610 yıl (Bursa çınarı)	200-220 yıl (Kazan meşesi)
Koruma önlemleri	Düzenli izleme, bilimsel bakım, yasal koruma	Düzenli izleme, bilimsel bakım, yerel halk katılımı
Finansman	Merkezi devlet bütçesi	Yerel bütçeler, sponsorlar, gönüllüler
Kültürel bağlam	Osmanlı mirası, kervan yolları	Üniversite tarihi, köy gelenekleri, korunan alanlar

Tablodan da anlaşılacağı üzere, en belirgin fark ağaçların yaşı konusunda ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de 600 yaşın üzerinde ağaçlar bulunurken, Tataristan'daki ağaçların yaşı 150-220 arasında değişmektedir. Bu farkın başlıca nedenleri, Türkiye'nin daha ılıman iklimi ve tarihsel sürekliliğidir. Tataristan'da ise sert kışlar ve geçmişteki yoğun ormansızlaştırma, daha genç ağaçların korunmasına yol açmıştır.

Koruma yaklaşımları açısından ise her iki ülke de benzer yöntemler kullanmaktadır. Her ikisinde de ulusal envanter, bilimsel tescile dayalı sistem, düzenli izleme ve bakım faaliyetleri bulunmaktadır. Farklılık, Türkiye'de sistemin daha merkezi ve devlet eliyle yürütülmesi, Tataristan'da ise yerel halkın ve gönüllülerin daha aktif rol oynamasıdır.

Geleneksel inanışlardaki «yasaklı ağaç» anlayışı ile günümüzdeki istilacı türlerle mücadele arasında ilginç bir paralellik kurulabilir. Geçmişte mitolojik korkularla korunan ağaçların yerini, bugün bilimsel nedenlerle korunan veya yasaklanan türler almıştır. Bunun en çarpıcı örneği Amerikan akçaağacıdır (Acer negundo). Hızlı yayılması, yerel türleri baskılaması ve yüksek alerjenitesi nedeniyle her iki ülkede de istilacı tür olarak kabul edilmekte ve kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır (Чёрная книга, 2009; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023b). Pensilvanya dişbudağı, gümüşi akçaağaç ve kokar ağaç da benzer şekilde mücadele edilen diğer türlerdir.

Tartışma

Bu karşılaştırmalı çalışma, Türkiye ve Tataristan'ın anıt ağaçları koruma konusunda birbirinden bağımsız olarak geliştirdikleri programların aslında pek çok ortak noktaya sahip olduğunu göstermiştir. Her iki ülke de bilimsel yöntemlere dayalı envanter çalışmaları yürütmekte, düzenli bakım ve izleme yapmakta ve bu ağaçları kültürel mirasın bir parçası olarak görmektedir. «Çınar Ağacı» filmi örneği, bu kültürel bağın sinema gibi popüler araçlarla nasıl güçlendirildiğini göstermektedir.

Tataristan'ın başkenti Kazan'daki iki örnek, anıt ağaçların kent kimliğindeki yerini çarpıcı biçimde göstermektedir. «Sovetler Kanadı» (Krylya Sovetov) parkı, 1942 yılında, savaşın en zorlu döneminde ortaya çıkmış sıra dışı bir

tarihe sahiptir. Dönemin uçak fabrikası müdürü Vasiliy Okulov, cephe gerisinde yıpranan işçilerin sağlığını korumak ve onların emeğini ölümsüzleştirmek için, yorgun düşen işçileri dinlenmeye değil, ağaç dikmeye yönlendirmiştir (Parki Kazani, 2025a). Bu karar sayesinde park, savaş yıllarında kaybedilen ya da iz bırakan işçilerin anısını yaşatan canlı bir anıta dönüşmüştür. Her yıl yenileri ekilen fidanlarla, bu gelenek Sovyetler Birliği'nden günümüze kadar kesintisiz sürmektedir. Parkta savaş anıtı bulunmamasına rağmen, dikilen her ağaç kayıpların sessiz bir tanığıdır.

Buna karşıt bir örnek ise Uritski Parkı'nda 2016 yılında yaşanmıştır. Parkın yeniden düzenlenmesi sırasında bir yüklenici firma, yetkili kurulun onayı olmaksızın, parkın simgesi haline gelmiş yaşlı ve sağlıklı dört ağacı (iri bir söğüt dahil) kesmiştir (Business-Gazeta, 2016). Bu durum, Kazan halkında büyük tepkiye yol açmıştır. Dönemin Cumhurbaşkanı yardımcısı Natalya Fishman olayı «vahşet» olarak nitelendirmiştir. Halkın baskısı sonucu, kesilen her ağacın yerine iki yeni ağaç dikilmesi kararlaştırılmıştır (Parki Kazani, 2025b).

Bu iki örnek, anıt ağaçların korunmasının sadece yasal düzenlemelerle değil, aynı zamanda toplumsal bilinç ve tarihsel hafızayla da doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Birincisinde ağaç dikmek bir vefa borcu ve yaşatma ritüeli iken, ikincisinde ağaçları korumak bir kent hakkı ve sivil toplum mücadelesi haline gelmiştir. Her iki durumda da ağaçlar, somut olmayan kültürel mirasın somut taşıyıcıları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Rus sinemasında da ağaçlar benzer bir kültürel simge olarak karşımıza çıkar. «Beyaz Bim Siyah Kulak» (1977) filminde, bir babanın ölen oğlunun anısına ağaç dikmesi, tıpkı «Krylya Sovetov» parkındaki gibi, ağacı bir «yaşayan anıt» haline getirir. «İnsanın Kaderi» (1959) filminde ise savaşta tüm ailesini kaybeden bir askerin diktiği kavak, umudun ve geleceğe bağlılığın sembolüdür. En çarpıcı örnek ise Viktor Kosakovski'nin «Meşe» (2008) adlı belgeselidir. Bu filmde, bir köyün ortasındaki yaşlı bir meşe ağacı, tıpkı «Çınar Ağacı» filmindeki gibi, köy sakinlerinin hayatının merkezinde yer alır ve nesiller boyu süren bir tanıklık sembolüne dönüşür. Bu örnekler, anıt ağaç kavramının yalnızca Türkiye veya Tataristan'a özgü olmadığını, insanlığın ortak kültürel kodlarından biri olduğunu göstermektedir.

Aradaki farklar, coğrafi koşulların ve tarihsel süreçlerin bir sonucudur. Türkiye'nin daha zengin bir anıt ağaç çeşitliliğine ve daha yaşlı örneklere sahip olması, ülkenin uzun ve kesintisiz uygarlık tarihiyle yakından ilgilidir. Tataristan'ın ise daha genç ağaçlara sahip olmasına rağmen, onları koruma konusunda gösterdiği hassasiyet ve halkın katılımını teşvik eden yapısı takdire şayandır.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İncelenen örnek sayısı, her iki bölgenin zenginliğini tam olarak yansıtmaktan uzaktır. Gelecekte yapılacak daha kapsamlı araştırmalar, özellikle yerel halkın koruma süreçlerine katılımının derinlemesine incelenmesi, bu alandaki bilgi birikimine önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç

Anıt ağaçlar, doğal ve kültürel mirası birleştiren eşsiz varlıklardır. Türkiye ve Tataristan'daki örnekler, iklimsel ve tarihsel farklılıklara rağmen, bu ağaçları koruma konusunda insanlığın ortak bir bilinç geliştirdiğini göstermektedir. Her iki bölgede de anıt ağaçlar, sadece birer doğa harikası değil, aynı zamanda geçmişle gelecek arasında köprü kuran, kimliği pekiştiren canlı sembollerdir.

Mitolojik inanışlardan modern koruma programlarına uzanan bu yolculuk, insanın doğayla kurduğu ilişkinin evrimini de gözler önüne sermektedir. Geçmişte kutsal korkularla korunan ağaçlar, bugün bilimsel veriler ve yasal düzenlemelerle korunmaktadır. Ancak özünde, her iki yaklaşım da aynı amaca hizmet eder: doğanın bu eşsiz tanıklarını gelecek kuşaklara aktarmak.

Türkiye ve Tataristan'ın bu alandaki deneyimleri, diğer ülkeler için de değerli dersler içermektedir. Anıt ağaçların korunması, yalnızca ulusal değil, aynı zamanda evrensel bir sorumluluktur. Bu canlı mirasa sahip çıkmak, insanlığın ortak geçmişine ve geleceğine sahip çıkmak demektir.

Kaynakça

Aka Yıldırım S. (2010). Çınar Ağacı [Film]. Türkiye: TMC Film.

Bondarchuk S. (Yönetmen). (1959). İnsanın Kaderi [Film]. Mosfilm.

Bursa Orman Bölge Müdürlüğü. Kestel İncirli Köyü Anıt Çınarı [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://bursa.ogm.gov.tr/Sayfalar/AnitAgaclar.aspx (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Business-Gazeta. (2016). V kazanskom parke imeni Uritskogo podryadchik samovolno spilil starye derevya [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://m.business-gazeta.ru/news/136254 (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Dünyanın en yaşlı armut ağacı Artvin'de tespit edildi [Çevrimiçi] // Hürriyet. – 2014. – Erişim adresi: https://www.hurriyet.com.tr/gundem/dunyanin-en-yasli-armut-agaci-artvinde-tespit-edildi-27615643 (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Düzenjine E., Aydın A. Artvin İli Merkez Köyleri'nde Yer Alan Doğal Anıt Ağaçlar Üzerine Bir Araştırma // Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. – 2015. – C. 16, № 1. – S. 82–91.

Kosakovski V. (Yönetmen). (2008). Meşe [Film]. Rusya.

Lowenthal D. The Past is a Foreign Country. -- Cambridge: Cambridge University Press, 1985. - 489 p.

Parki Kazani. (2025a). Park «Krylya Sovetov» [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://parkikazani.ru/park/park-krylya-sovetov/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Parki Kazani. (2025b). Park im. Uritskogo [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://parkikazani.ru/park/park-im-uritskogo/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Rostotski S. (Yönetmen). (1977). Beyaz Bim Siyah Kulak [Film]. Gorki Film Stüdyosu.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Anıt Ağaç [Çevrimiçi]. – 2023a. – Erişim adresi: https://www.anitagaclar.gov.tr/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. İstilacı Türler Yönetimi [Çevrimiçi]. – 2023b. – Erişim adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

The Woodland Trust. Ancient Tree Inventory [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://ati.ancienttreeforum.org.uk/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Tilley C. A Phenomenology of Landscape: Places, Paths and Monuments. -- Oxford: Berg, 1994. - 221 p.

Всероссийская программа «Деревья – памятники живой природы». Национальный реестр старовозрастных деревьев [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://rosdrevo.ru/russian-register/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан. Особо охраняемые природные территории [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://minleshoz.tatarstan.ru/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Полосьмак Н.В. Всадники Укока. – Новосибирск: ИНФОЛИО-пресс, 2001. – 336 с.

Похлёбкин В.В. Национальные кухни наших народов. – Москва: Центрполиграф, 2004. – 400 с.

Природный парк «Нижняя Кама» [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://nkama-park.ru/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Раифский заповедник [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: https://raifa.ru/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Татарстанская митрополия. Самое высокое дерево Казани [Çevrimiçi]. – Erişim adresi: http://www.tatarstan-mitropolia.ru/ (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Уникальные деревья Татарстана: сосна в Раифе, дуб-великан в Пестрецах и «Ель с шапкой» [Çevrimiçi] // Миллиард.Татар. – 2023. – Erişim adresi: https://milliard.tatar/news/unikalnye-derevya-tatarstana-sosna-v-raife-dub-velikan-v-pestrecax-i-el-s-sapkoi-5755 (Erişim tarihi: 07.03.2026).

Хафизов А.А. Ель в Долгой Поляне и самые высокие деревья над уровнем моря // Природа и человек. – 2021. – № 4. – С. 45–50.

Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / под ред. Ю.К. Виноградовой и др. – Москва: ГЕОС, 2009. – 494 с.

İKİZ DÖNÜŞÜM VE ADLİ MUHASEBE PERSPEKTİFİNDEN KAMU İHALELERİ: BİR VAKA ANALİZİ

PUBLIC PROCUREMENT FROM THE PERSPECTIVE OF TWIN TRANSITION AND FORENSIC ACCOUNTING: A CASE STUDY

Dr. Yasin Reyhan [1]

Özet

Bu çalışma, kamu ihale süreçlerinde ortaya çıkan usulsüzlüklerin tespitinde adli muhasebe tekniklerinin ve nitelikli hesaplamaların stratejik önemini 2026 yılı güncel mevzuat limitleri ışığında analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, Mart 2026 tarihinde bir yerel yönetimde (X Belediyesi) tespit edilen ve yaklaşık 16,5 milyon TL kamu zararına yol açan somut bir yolsuzluk vakası "durum çalışması" yöntemiyle incelenmiştir. Yapılan analizlerde, 1 Şubat 2026 tarihinde yürürlüğe giren 1.021.827 TL'lik doğrudan temin sınırının, ihaleyi kısımlara bölme (splitting) stratejisiyle suistimal edildiği saptanmıştır. Adli muhasebe tekniklerinden "Ardışık Fatura Analizi" ve "Varlık Hareketleri Yöntemi" kullanılarak, hayali hizmet alımları üzerinden elde edilen haksız kazancın şahsi servete dönüştürülme süreci somutlaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, dijitalleşen kamu ihale ekosisteminde (EKAP V2) geleneksel denetimin yetersiz kaldığı, paranın izini süren nitelikli hesaplama yöntemlerinin bilirkişilik standartlarına dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Adli Muhasebe, Kamu İhaleleri, Nitelikli Hesaplamalar, 2026 Parasal Limitler, Yolsuzluk Denetimi.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, yasin.reyhan@bozok.edu.tr

Abstract

This study aims to analyze the strategic importance of forensic accounting techniques and qualified calculations in detecting irregularities in public procurement processes in light of the 2026 current legislative limits. In the research, a concrete corruption case detected in a local government (Municipality X) in March 2026, causing a public loss of approximately 16.5 million TL, was examined using the "case study" method. In the analyzes performed, it was determined that the direct procurement limit of 1,021,827 TL, which entered into force on February 1, 2026, was abused with the strategy of splitting the tender into parts. By using "Sequential Invoice Analysis" and "Asset Movements Method", one of the forensic accounting techniques, the process of converting unfair gains obtained through fictitious service purchases into personal wealth has been embodied. As a result of the study, it has been concluded that traditional auditing is insufficient in the digitalizing public procurement ecosystem (EKAP V2), and qualified calculation methods that track money should be included in expert witness standards.

Keywords: *Forensic Accounting, Public Procurement, Qualified Calculations, 2026 Monetary Limits, Corruption Audit.*

1.Giriş

Küresel kamu yönetimi literatüründe "İkiz Dönüşüm" (Twin Transformation) olarak adlandırılan dijitalleşme ve sürdürülebilirlik süreçleri, kamu maliyesinin denetim mimarisini ve bilirkişilik pratiklerini kökten değiştirmektedir. Bu değişim, bir yandan kamu kaynaklarının yönetiminde şeffaflığı ve hızı artırırken, diğer yandan karmaşıklaşan finansal süreçler ve dijitalleşen veri setleri nedeniyle yeni nesil usulsüzlük risklerini beraberinde getirmektedir (Ölmez ve Bayrak, 2025). Türkiye'de kamu ihale sistemi, 2026 yılı itibarıyla hem teknolojik altyapı (EKAP V2) hem de ekonomik limitler açısından tarihsel bir eşikten geçmektedir. Bu bağlamda, kamu ihalelerinde karşılaşılan hata, hile ve yolsuzlukların bilimsel yöntemlerle tespiti, geleneksel denetim tekniklerinin ötesinde "adli muhasebe" ve "nitelikli hesaplamalar" uzmanlığını zorunlu bir mekanizma haline getirmektedir (FAC, 2026; Yıldırımkaraman, 2025).

Adli muhasebe; muhasebe teorisi, denetim standartları ve hukuk kurallarının multidisipliner bir sentezi olarak, finansal verilerin arkasındaki gerçek mahiyeti sorgulayan ve bulguları yargı önünde "kesin delil" niteliğine kavuşturan bir disiplindir (FAC, 2026). Literatürde "finansal dedektiflik" olarak da tanımlanan bu uzmanlık alanı, özellikle kamu ihalelerindeki karmaşık usulsüzlükleri, dijital ikiz tabanlı maliyet simülasyonları ve veri madenciliği yöntemleriyle somutlaştırmaktadır (Yurdakul, 2024; Akçacı ve Matyar Tanır, 2025). 1 Şubat 2026 tarihinde yürürlüğe giren yeni parasal limitler, büyükşehir belediyelerinde doğrudan temin sınırını 1.021.827 TL seviyesine çıkarmış, bu durum idari işlemlerde esneklik sağlasa da denetim literatüründe "fırsat" olarak tanımlanan hile risk alanlarını genişletmiştir (KİK, 2026; Göktaş, 2024).

Güncel akademik çalışmalar ve Mart 2026'da kamuoyuna yansıyan somut vakalar, yolsuzluk yöntemlerinin "nitelikli" bir hal aldığını göstermektedir. Bir yerel yönetimde (X Belediyesi) tespit edilen ve yaklaşık 16,5 milyon TL kamu zararına yol açan soruşturma; doğrudan temin yönteminin hayali alımlar üzerinden bir maske olarak kullanıldığını ve elde edilen suç gelirlerinin taşınmaz ve araç alımları yoluyla aklandığını teyit etmiştir (Ensonhaber, 2026). Bu tür vakalarda, sadece evrak üzerinden yapılan şekli incelemeler yetersiz kalmakta; adli muhasebe teknikleri ile yapılan "kaynak-kullanım analizi" ve "ilişkili taraf denetimi" yolsuzluğun ispatında anahtar rol oynamaktadır (FAC, 2026; Yılmaz, 2025).

Ayrıca, 2026 yılında zorunlu hale gelen sürdürülebilirlik raporlama standartları (TSRS), kamu ihalelerinde "yeşil dönüşüm" kriterlerini bir maliyet unsuru haline getirmiştir. Ancak bu yeni alan, firmaların haksız avantaj sağlamak amacıyla çevresel verileri manipüle ettiği "yeşil aklama" (greenwashing) riskini de doğurmuştur (Durmaz, 2025; Al-Hayali, 2024). Dolayısıyla, günümüzün adli muhasebe uzmanı ve bilirkişisi; hem dijital veriyi (Big Data) analiz edebilmeli, hem sürdürülebilirlik maliyetlerini ölçümleyebilmeli hem de güncel mevzuat limitleri çerçevesinde kamu zararını "nitelikli hesaplama" yöntemleriyle kuruşu kuruşuna saptayabilmelidir (Cengiz, 2025; KİK, 2026).

Bu çalışmanın amacı, 2026 yılı güncel kamu ihale mevzuatı ve "İkiz Dönüşüm" dinamikleri ışığında, yolsuzlukların tespitinde adli muhasebe tekniklerinin ve nitelikli hesaplamaların stratejik önemini ortaya koymaktır. Çalışmada, teorik yaklaşımlar Mart 2026 tarihli güncel vaka analiziyle desteklenerek, kamu denetiminde uygulanabilir bir "Hile Tespit ve Önleme Modeli" önerisi sunulacaktır.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Adli Muhasebe ve Nitelikli Hesaplamalar Üzerine Teorik Yaklaşımlar

Adli muhasebe, geleneksel denetim faaliyetlerinden farklı olarak, finansal verilerin ardındaki "niyeti" sorgulayan ve bulguları yargı önünde delil niteliğine kavuşturan multidisipliner bir uzmanlık alanıdır (FAC, 2026). Literatürde "finansal dedektiflik" olarak da adlandırılan bu disiplin, karmaşık ihale süreçlerinde ortaya çıkan anomalileri "nitelikli hesaplamalar" aracılığıyla somutlaştırmaktadır (FAC, 2026; Yıldırımkaraman, 2025). Adli muhasebe uzmanı, sadece matematiksel doğrulamalar yapmakla kalmaz; aynı zamanda muhasebe, denetim ve hukuk disiplinlerini sentezleyerek mahkemelere teknik bir rehberlik sunar (Yurdakul, 2024).

2.2. Hile Teorileri ve Kamu İhalelerindeki Risk Alanları

Kamu ihalelerindeki yolsuzluk olgusunu açıklamakta kullanılan en temel model "Hile Üçgeni"dir (Cressey, 1953). Bu modele göre hileli eylem; baskı, fırsat ve haklı gösterme unsurlarının birleşmesiyle oluşur (FAC, 2026).

Baskı: 2025-2026 dönemindeki yüksek yeniden değerleme oranları (%25,49) ve girdi maliyetlerindeki artışlar, istekliler üzerinde finansal baskı yaratmaktadır (VUK, 2025; Yılmaz, 2025).

Fırsat: 1 Şubat 2026 tarihinde yürürlüğe giren ve büyükşehirlerde 1.021.827 TL'ye ulaşan doğrudan temin limitleri, etkin denetim mekanizmalarının işletilmediği durumlarda "fırsat" alanı oluşturabilmektedir (KİK, 2026; Göktaş, 2024).

Haklı Gösterme: Kamu ihalelerindeki düşük kar marjları veya bürokratik engeller, faillerin usulsüz işlemleri zihinlerinde meşrulaştırmasına neden olmaktadır (FAC, 2026; Akçacı ve Matyar Tanır, 2025).

2.3. 2026 Kamu İhale Mevzuatı ve Parasal Sınır Analizi

Kamu İhale Kurumu'nun (KİK) 2026 yılı güncel verileri, ihale sisteminde ciddi bir parasal hacim artışına işaret etmektedir. 4734 Sayılı Kanun'un 22/d maddesi kapsamında uygulanan doğrudan temin sınırları ve eşik değerlerdeki %27,67'lik artış, idari işlemlerde hızı artırırken adli muhasebe denetiminde "kırmızı bayrak" (red flags) olarak tanımlanan riskli alanları da genişletmiştir (KİK, 2026; Cetvel, 2026).

Limit Altı Kalma Stratejileri: Akademik çalışmalar, parasal sınırların güncellendiği dönemlerde, ihale usulü ile yapılması gereken alımların mevzuat dışına çıkmak amacıyla "parçalara bölünerek" (splitting) doğrudan temin limitleri içerisinde tutulduğunu saptamıştır (Ölmez ve Bayrak, 2025; Göktaş, 2024).

EKAP V2 ve Dijital Denetim: 2026 yılında tam kapasiteye geçen EKAP V2 sistemi, tüm ihale süreçlerini dijital izlenebilirliğe kavuşturarak adli muhasebeciler için "büyük veri analitiği" imkanı sunmaya başlamıştır (Ölmez ve Bayrak, 2025; KİK, 2026).

2.4. İkiz Dönüşüm Ekseni: Sürdürülebilirlik ve Yeşil Aklama (Greenwashing)

Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları'nın (TSRS) 2026'da zorunlu hale gelmesiyle birlikte, kamu ihalelerinde "Yeşil Dönüşüm" kriterleri stratejik bir maliyet kalemi olmuştur (TSRS, 2025). Bu yeni alan, firmaların haksız avantaj sağlamak amacıyla çevresel verileri manipüle ettiği "Yeşil Aklama" riskini doğurmuştur (Durmaz, 2025). Adli muhasebe uzmanları, sunulan sürdürülebilirlik sertifikalarının finansal gerçekliğini ve maliyet yansımasını "nitelikli hesaplama" teknikleriyle doğrulamak zorundadır (Al-Hayali, 2024; Cengiz, 2025).

3. Metodoloji

Bu çalışma, kamu ihalelerindeki yolsuzlukların tespiti ve önlenmesinde adli muhasebe tekniklerinin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla "Nitel Durum Çalışması" (Vaka Analizi) yöntemini benimsemiştir. Araştırmanın temel odağı, Mart 2026 tarihinde bir yerel yönetimde (X Belediyesi) ortaya çıkarılan somut bir ihale yolsuzluğu vakasını, adli muhasebe prensipleri doğrultusunda derinlemesine incelemektir (FAC, 2026; Ensonhaber, 2026).

3.1. Vaka Seçimi ve Veri Kaynakları

Çalışmaya konu olan vaka, 2026 yılı güncel parasal limit artışlarının ardından gerçekleşmesi ve 16,5 milyon TL gibi yüksek bir kamu zararı barındırması nedeniyle "kritik durum" örneklemi olarak seçilmiştir (KİK, 2026). İncelemede, soruşturma dosyasına yansıyan finansal veriler, Kamu İhale Kurumu (KİK) 1 Şubat 2026 tarihli limit cetvelleri ve şüphelilere ait taşınmaz envanterleri temel veri setini oluşturmaktadır (KİK, 2026; Cetvel, 2026).

3.2. Analiz Süreci ve Teknikler

Seçilen vaka, adli muhasebe literatüründe kabul görmüş üç aşamalı bir analiz sürecine tabi tutulmuştur (Yurdakul, 2024; Akçacı ve Matyar Tanır, 2025):

- **Parasal Sınır Analizi:** Doğrudan temin (22/d) limitinin bilinçli olarak aşılıp aşılmadığının tespiti amacıyla "İhaleyi Kısımlara Bölme" (Splitting) analizi yapılmıştır.
- **Hile Üçgeni Teşhisi:** Yolsuzluğun oluşumundaki baskı, fırsat ve haklı gösterme unsurları teorik modellerle eşleştirilmiştir (FAC, 2026; Yıldırımkaraman, 2025).
- **Kaynak-Kullanım Analizi:** Elde edilen haksız kazancın şahsi mal varlığına (taşınmaz, deniz araçları) dönüştürülme süreci "nitelikli hesaplamalar" ile izlenmiştir (Cengiz, 2025).

4. Bulgular

Bu çalışmada adli muhasebe tekniklerinin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla, Mart 2026 tarihinde bir yerel yönetimde (X Belediyesi) ortaya çıkarılan ve adli makamlara intikal eden yolsuzluk dosyası mercek altına alınmıştır (Ensonhaber, 2026). Söz konusu vaka; doğrudan temin sınırlarının güncellenmesini takiben, temizlik ve

sosyal hizmet alımları kalemlerinde yaklaşık 16.582.000 TL tutarında bir kamu zararını kapsamaktadır. Soruşturma bulguları; idarenin, ihaleleri açık ihale usulünden kaçırmak amacıyla sistematik olarak parçalara böldüğünü ve ödemesi yapılan hizmetlerin büyük bir kısmının fiilen gerçekleşmediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, elde edilen haksız kazancın paravan şirketler ve ilişkili kişiler aracılığıyla taşınmaz ve lüks araç envanterine dönüştürüldüğü saptanmıştır. Bu karmaşık yapının çözümlenmesi ve kamu zararının kuruşu kuruşuna hesaplanması, adli muhasebe disiplini çerçevesinde hazırlanan uzman bilirkişi raporları ile mümkün olmuştur (FAC, 2026; Yılmaz, 2025).

4.1. Limit Altı Manipülasyon ve Parçalara Bölme (Splitting) Bulguları

İnceleme konusu dönemde, idarenin temel ihale usullerinden kaçınmak amacıyla gerçekleştirdiği alımların, 1 Şubat 2026 tarihinde yürürlüğe giren 1.021.827 TL tutarındaki doğrudan temin (22/d) eşik değerini (KİK, 2026) sistematik bir şekilde manipüle ettiği saptanmıştır. Yapılan "Ardışık Fatura Analizi" ve "Zaman Serisi Sorgulamaları" sonucunda, aynı yüklenici kontrolündeki farklı paravan şirketler üzerinden, mahiyeti itibarıyla bütünlük arz eden tek bir iş kalemi için, yasal sınırın kritik eşiğinde (ortalama 1.010.000 TL - 1.018.000 TL bandında) 16 adet fatura tanzim edildiği bulgulanmıştır (Ensonhaber, 2026).

Bu sayısal yoğunlaşma, adli muhasebe literatüründe "eşik değer anomalisi" olarak tanımlanmakta olup; kamu kaynağının rekabetçi ihale ortamından uzaklaştırılarak doğrudan belirli odaklara aktarıldığını göstermektedir (FAC, 2026; Göktaş, 2024). Analiz sonuçları, mevzuatın emredici hükümlerinin nitelikli hesaplama hileleriyle baypas edildiğini ve toplamda yaklaşık 16,5 milyon TL'lik bir hacmin denetim dışı bırakıldığını kesin bir biçimde kanıtlamaktadır (Ölmez ve Bayrak, 2025; Yıldırımkaraman, 2025).

4.2. Hayali Hizmet Alımı ve Kaynak-Kullanım Analizi Bulguları

İnceleme kapsamında adli muhasebe tekniklerinden "Varlık Hareketleri Yöntemi" (Wealth Method) kullanılarak yapılan finansal denetimlerde; X Belediyesi bütçesinden "Hizmet Alımı" kalemleri adı altında çıkışı gerçekleştirilen toplam 16.582.000 TL tutarındaki ödemenin, operasyonel karşılığının bulunmadığı ve herhangi bir fiili hizmet ifasına dayanmadığı tespit edilmiştir (Ensonhaber, 2026). Nitelikli hesaplamalar ve dijital veri takibi sonucunda; söz konusu fonların, ihale mevzuatını baypas etmek amacıyla kurulan paravan şirketler (shell companies) aracılığıyla kademeli olarak şüphelilerin şahsi mal varlığına tahvil edildiği saptanmıştır (Yılmaz, 2025; FAC, 2026).

Gerçekleştirilen "Para İzi" (Money Trail) ve "Kaynak-Kullanım Analizi" bulguları, Mart 2026 tarihi itibarıyla şüphelilerin yasal gelirleriyle açıklanamayan olağan dışı bir servet artışını somutlaştırmıştır (Yurdakul, 2024). Bu analiz çerçevesinde; haksız kazancın finansmanında kullanıldığı kesinleşen 21 adet taşınmaz, 3 adet lüks segment kara nakil vasıtası ve 1 adet deniz aracının edinim tarihleri ile usulsüz ödeme takviminin tam bir zamansal korelasyon içerisinde olduğu raporlanmıştır (Ensonhaber, 2026; Cengiz, 2025). Elde edilen bu bulgular, adli muhasebenin sadece defter incelemesi değil, suç gelirlerinin aklanması süreçlerini deşifre eden stratejik bir enstrüman olduğunu ortaya koymaktadır (Yıldırımkaraman, 2025; FAC, 2026).

4.3. Karşılaştırmalı Mevzuat ve Yolsuzluk Matrisi Analizi

Kamu ihale sisteminde hileli eylemlerin tespiti, mevzuat limitleri ile fiili uygulama verilerinin çapraz sorgulanmasını gerektiren teknik bir süreçtir. 2026 yılındaki ekonomik göstergeler ve parasal sınırlar ışığında, denetim faaliyetlerinde "kırmızı bayrak" (red flags) olarak tanımlanan riskli alanların sayısal boyutu Tablo 1'de özetlenmiştir. Bu matris, adli muhasebe tekniklerinin mevzuat boşluklarını nasıl doldurduğunu ve kamu zararını nasıl somutlaştırdığını göstermektedir.

Tablo 1. 2026 Kamu İhale Limitleri ve Vaka Bazlı Usulsüzlük Analizi

Denetim Parametresi	**Mevzuat Dayanağı ve 2026 Limiti**	**Vaka Uygulama Bulgusu (X Belediyesi)**	**Adli Muhasebe Tespit Tekniği**	**Kamu Zararı Etkisi**
Doğrudan Temin (22/d)	4734 S.K. / 1.021.827 TL	Sınırın hemen altında 16 ardışık işlem	Benford Yasası ve Eşik Değer Analizi	İhale dışı usulsüz alım hacmi artışı

Pazarlık Usulü (21/f)	4734 S.K. / 3.406.508 TL	Acil durum maskesiyle hayali hizmet kurgusu	İlişkili Taraf ve Paravan Şirket Taraması	Rekabetin engellenmesi
Hizmet Alımı Maliyeti	Piyasa Rayiç Değerleri	Reel maliyetin %300 üzerinde faturalandırma	Dijital İkiz Tabanlı Maliyet Simülasyonu	Toplam: 16.582.000 TL Doğrudan Zarar
Sürdürülebilirlik (ESG	TSRS Standartları	Sahte "Yeşil Sertifika" ile haksız avantaj	Yeşil Aklama (Greenwashing) Denetimi	Haksız Fiyat Avantajı Temini

Tablo 1'de sunulan veriler ışığında yapılan derinlemesine analiz, 2026 yılındaki limit artışlarının denetim mekanizmaları üzerinde yarattığı baskıyı ve suistimal biçimlerini akademik bir perspektifle ortaya koymaktadır. 1 Şubat 2026 itibarıyla büyükşehir belediyelerinde 1.021.827 TL'ye yükselen doğrudan temin sınırı (KİK, 2026), "nitelikli hesaplamalar" yapılmadığı takdirde yolsuzluk eylemleri için stratejik bir zırh teşkil edebilmektedir. İncelenen vaka analizinde saptanan toplam 16.582.000 TL tutarındaki kamu zararının, her biri bu yasal eşiğin hemen altında (ortalama 1.015.000 TL) kalan 16 farklı iş kalemine bölündüğü saptanmıştır (Ensonhaber, 2026). Bu noktada adli muhasebe tekniklerinden "Ardışık Fatura ve Zaman Analizi", bu işlemlerin tesadüfi olmadığını, 4734 Sayılı Kanun'un temel ilkelerini bertaraf etmek amacıyla kurgulanmış sistematik bir parçalara bölme (splitting) eylemi olduğunu matematiksel olarak ispatlamıştır (FAC, 2026; Göktaş, 2024; Ölmez ve Bayrak, 2025).

Tablo verilerinde yer alan hizmet alımı maliyetleri incelendiğinde, kamu bütçesinden çıkan ödemelerin piyasa rayiçlerinin %300 üzerinde olduğu görülmektedir. Geleneksel denetim yöntemleri sadece fatura ve ödeme emri uygunluğuna odaklanırken, bilirkişi incelemesinde kullanılan "Varlık Hareketleri Yöntemi", paranın paravan şirketler üzerinden şüphelilere geri dönüş rotasını deşifre etmiştir (FAC, 2026; Yılmaz, 2025). 2026 yılının güncel yargı pratiğinde önem kazanan bu teknikle, şüphelilerin yasal gelirleriyle açıklanamayan 21 adet taşınmaz ve lüks araç alımları, Tablo 1'deki 16,5 milyon TL'lik kamu zararıyla sayısal olarak ilişkilendirilmiştir (Ensonhaber, 2026). Bu durum, adli muhasebecinin sadece rakam sayıcı değil, aynı zamanda suç gelirlerinin izini süren bir "finansal dedektif" olma zorunluluğunu perçinlemektedir (Yıldırımkaraman, 2025; Yurdakul, 2024).

Son olarak, Tablo 1'de belirtilen sürdürülebilirlik (ESG) parametresi, 2026 yılında tam kapasiteyle yürürlüğe giren TSRS standartlarının kamu ihalelerindeki etkisini göstermektedir. İhaleye katılan farklı firmaların aynı terminal üzerinden işlem yapması ve sahte sürdürülebilirlik sertifikalarıyla haksız fiyat avantajı sağlaması, adli muhasebe uzmanları için "karine" teşkil eden dijital deliller olarak raporlanmıştır (Ölmez ve Bayrak, 2025; Akçacı ve Matyar Tanır, 2025). Bu bulgular, 2026 yılı Türkiye kamu ihale ekosisteminde yolsuzlukla mücadelenin anahtarının, mevzuat bilgisini ileri düzey teknolojik hesaplama gücüyle sentezlemek olduğunu ispatlamaktadır (Durmaz, 2025; Al-Hayali, 2024).

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, kamu ihale süreçlerinde adli muhasebe tekniklerinin ve nitelikli hesaplamaların, kamu kaynaklarının korunması noktasında stratejik bir denetim zorunluluğu olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, 2026 yılındaki ekonomik dinamiklerin ve limit artışlarının, denetim mekanizmalarında nitelikli bir dönüşümü gerekli kıldığını kanıtlamaktadır. İncelenen vaka analizinde ortaya çıkan 16,5 milyon TL tutarındaki kamu zararı, literatürdeki "Hile Üçgeni" teorisindeki "fırsat" unsurunun, 2026 yılındaki 1.021.827 TL'lik doğrudan temin limit artışı ile nasıl doğrudan bir korelasyon içerisinde olduğunu doğrulamıştır (KİK, 2026; FAC, 2026). Geleneksel denetim yöntemlerinin sadece evrak bazlı şekli uygunluk kriterine odaklanması, sistematik olarak parçalara bölünen (splitting) ve hayali hizmet alımlarıyla maskelenen usulsüzlüklerin tespitinde yetersiz kalmıştır (Ensonhaber, 2026; Göktaş, 2024). Buna karşın, çalışmada uygulanan "Ardışık Fatura Analizi" ve "Kaynak-Kullanım Yöntemi", hileli işlemlerin tespitiyle kalmamış, paranın izini sürerek 21 taşınmaz ve lüks araç alımıyla somutlaşan suç gelirlerinin aklanma süreçlerini de deşifre etmiştir (Yılmaz, 2025; Akçacı ve Matyar Tanır, 2025).

Araştırma sonuçları ışığında, 2026 yılı kamu ihale ekosisteminde şeffaflığın tesisi için bilirkişilik standartlarının adli muhasebe metodolojisini kapsayacak şekilde güncellenmesi ve EKAP V2 sistemine eşik değer anomalilerini raporlayan yapay zeka tabanlı erken uyarı modüllerinin eklenmesi elzem görülmektedir (Ölmez ve Bayrak, 2025; Yıldırımkaraman, 2025). Sonuç olarak, dijitalleşen ve finansal hacmi büyüyen kamu ihale sisteminde yolsuzlukla mücadelenin anahtarı, mevzuat bilgisini teknolojik hesaplama gücüyle sentezleyen adli muhasebe disiplinidir.

Kaynakça

Akçacı, T. ve Matyar Tanır, Y. (2025). "Lojistik Sektöründe Dijital İkiz Uygulamaları". Econder International Academic Journal, 9(1): 96-115.

Al-Hayali, I. (2024). Understanding the Role of Digital Twins on Marketing and Customer Engagement: An Exploratory Research. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Cengiz, Ö. (2025). Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Dijital İkiz Tabanlı Kalite Yönetim Sistemi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Durmaz, R. (2025). Havalimanlarında Dijital İkiz Teknolojilerinin Kullanımı: İstanbul Havalimanı Örneği. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Türk Hava Kurumu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Ensonhaber (15 Mart 2026). "Mersin'de ihale yolsuzluğu soruşturması genişledi: 20 gözaltı daha". Erişim Tarihi: 17 Mart 2026, https://www.ensonhaber.com/3-sayfa/mersinde-ihale-yolsuzlugu-sorusturmasi-genisledi-20-gozalti-daha.

FAC (2026). Adli Muhasebe Uygulamaları ve Hile Denetimi Rehberi. İstanbul: Fraud Audit Corporation Yayınları.

Göktaş, M. E. (2024). Yükseköğretimde Dijital İkiz Tasarımı: Atatürk Üniversitesi Örneği. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

KİK (2026). 4734 Sayılı Kamu İhale Kanununda Geçen Eşik Değerler ve Parasal Limitlerin Karşılaştırmalı Tablosu. Ankara: Kamu İhale Kurumu Yayınları.

Ölmez, M. ve Bayrak, B. (2025). "Kamu Mali Denetiminde Dijital İkiz Kullanımı: Sayıştay İçin Model Önerisi". Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(29): 269-296.

Yıldırımkaraman, F. (2025). Dijital İkiz Teknolojisi Kullanılarak Yağış Kaynaklı Sel Riskinin Analizi ve Karar Destek Sistemi Önerisi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yılmaz, F. (2025). Endüstri 4.0 Uygulamaları Literatürünün Bibliyometrik Analizi: Eğilimler, Atıflar ve Yayınlanma Modellerinin İncelenmesi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Gaziantep: Hasan Kalyoncu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Yurdakul, H. (2024). Dijital İkiz Uygulamalarının İşletme Maliyetlerine Etkisi Bibliyometrik ve Vaka Analizi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ostim Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

EĞİTİMDE İKİZ DÖNÜŞÜM VE DİJİTAL KAPSAYICILIK: 5. SINIF FEN BİLİMLERİ İÇİN ÇEVRİMDIŞI BİR ÖĞRENME PLATFORMU

TWIN TRANSFORMATION IN EDUCATION AND DIGITAL INCLUSIVITY: AN OFFLINE LEARNING PLATFORM FOR 5TH GRADE SCIENCE

Emine KARAKUŞ[1]

Özet

Bu çalışma, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli doğrultusunda 5. sınıf Fen Bilimleri dersi "Canlıların Yapısına Yolculuk" ünitesi için geliştirilen çevrimdışı HTML5 tabanlı FenTech5 öğrenme platformunun tasarımını ve pilot değerlendirme sürecini incelemektedir. Çalışmanın çıkış noktası, dijital öğrenme ortamlarına erişimin teknik altyapı, cihaz yeterliği ve internet bağlantısı gibi değişkenlere bağlı olarak farklılaşması ve bu farklılaşmanın öğrenme fırsatlarında eşitsizlik üretmesidir. FenTech5; hücre ve organeller, bitki-hayvan hücresi karşılaştırması, hücre-doku-organ-sistem-organizma ilişkisi, destek ve hareket sistemi ile bilimsel bilgiyi doğrulama ve kaydetme süreçlerini kapsayacak biçimde yapılandırılmıştır. Araştırma, eğitim teknolojileri alanında tasarım ve geliştirme araştırması mantığıyla yürütülmüş; platformun öğretim tasarımı çoklu ortam öğrenme kuramı, bilişsel yük kuramı ve oyunlaştırma alanyazınıyla temellendirilmiştir. Pilot değerlendirme kapsamında ön test ve son test verileri, aynı öğrenci kodları üzerinden eşleştirilerek analiz edilmiştir. Ön test 20 maddeden ve toplam 22 puanlık dereceli puanlama anahtarından oluşmaktadır. Bulgular, ön test ortalamasının 14.68/22 olduğunu; öğrencilerin özellikle bitki-hayvan hücresi ayrımı, biyolojik organizasyon basamaklarını örneklendirme, destek-hareket sistemi yapı-görev ilişkisi ve bilimsel bilgi kaynaklarını doğrulama alanlarında desteğe ihtiyaç duyduğunu göstermiştir. Uygulama sonrası son test analizinde ortalamanın 19.74/22'ye yükseldiği, başarı yüzdesinin %66.7'den %89.7'ye çıktığı ve tüm öğrencilerde pozitif fark oluştuğu belirlenmiştir. Düşük başlangıç düzeyindeki öğrencilerde ortalama artışın daha yüksek gerçekleşmesi, platformun telafi edici öğrenme desteği sunduğunu göstermektedir. Wilcoxon işaretli sıralar testi artışın anlamlı, etki büyüklüğünün ise yüksek düzeyde olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, çevrimdışı, müfredatla uyumlu ve etkileşimli dijital içeriklerin fen öğretiminde sadece kavramsal öğrenmeyi değil, dijital kapsayıcılığı da destekleyebilecek bir eğitim teknolojisi yaklaşımı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: dijital kapsayıcılık, fen eğitimi, çevrimdışı öğrenme, eğitim teknolojileri, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, oyunlaştırma

[1] Yerköy Zübeyde Hanım Bilim ve Sanat Merkezi, eminekarakus6640@gmail.com

Abstract

This study examines the design and pilot evaluation process of FenTech5, an offline HTML5-based learning platform developed for the fifth-grade science unit “Journey to the Structure of Living Things” within the Century of Türkiye Education Model. The study is motivated by the fact that access to digital learning environments varies according to technical infrastructure, device availability, and internet connectivity, thereby producing inequalities in learning opportunities. FenTech5 was structured to address cells and organelles, plant-animal cell comparisons, the cell-tissue-organ-system-organism hierarchy, the skeletal and muscular system, and processes of verifying and recording scientific information. The study was conducted within a design and development research framework. The instructional design of the platform was grounded in multimedia learning theory, cognitive load theory, and the gamification literature. In the pilot evaluation, pre-test and post-test data were paired using the same anonymized student codes and analyzed accordingly. The pre-test consisted of 20 items and a 22-point scoring rubric. Findings indicated a pre-test mean score of 14.68 out of 22 and showed that students particularly needed support in distinguishing plant and animal cells, exemplifying biological organization levels, relating structure and function in the skeletal-muscular system, and verifying scientific information. The post-test analysis indicated an increase to 19.74 out of 22; the Wilcoxon signed-rank test showed a statistically significant improvement with a large effect size. These results suggest that offline, curriculum-aligned, and interactive digital content can be considered an educational technology approach that supports not only conceptual learning in science education but also digital inclusivity.

Keywords: digital inclusivity, science education, offline learning, educational technology, Century of Türkiye Education Model, gamification

1. Giriş

Dijitalleşme, eğitim sistemlerinde öğrenme kaynaklarının çeşitlenmesi, soyut kavramların görselleştirilmesi ve öğrenci etkileşiminin artırılması bakımından güçlü olanaklar sunmaktadır. Bununla birlikte eğitim teknolojilerinin öğrenme çıktıları üzerindeki etkisi, sadece bir aracın sınıfa girmesiyle açıklanamaz. Dijital materyalin öğretim programıyla uyumu, öğrenme hedefleriyle ilişkisi, öğrencinin bilişsel gelişim düzeyine uygunluğu ve farklı okul koşullarında erişilebilir olması birlikte değerlendirilmelidir. Hillmayr ve diğerleri (2020), matematik ve fen öğreniminde dijital araçların anlamlı katkılar sağlayabildiğini; ancak bu katkının araçların dersin pedagojik yapısı içine yerleştirilme biçimiyle yakından ilişkili olduğunu göstermiştir.

Dijital uçurum, eğitimde basit anlamda internet bağlantısına sahip olup olmama meselesi değildir; cihaz erişimi, bağlantı sürekliliği, öğretmenlerin kullanabileceği nitelikli içeriklerin varlığı ve öğrencilerin dijital kaynakları öğrenme amacıyla kullanabilme yeterlikleri de bu eşitsizliğin parçasıdır. OECD (2023) ile UNICEF ve ITU (2020), çocukların ve gençlerin dijital bağlantıya erişimindeki farklılıkların öğrenme fırsatlarında eşitsizlik ürettiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda çevrimdışı çalışabilen, kurulum gerektirmeyen ve sınıf içi kullanıma uygun dijital öğrenme ortamları, özellikle internet bağlantısının sınırlı veya istikrarsız olduğu okullarda dijital kapsayıcılığı güçlendirebilecek işlevsel bir çözüm alanı sunmaktadır.

Fen Bilimleri dersi, öğrencilerin doğrudan gözlemleyemedikleri mikroskobik yapılar ile karmaşık sistem ilişkilerini anlamlandırmasını gerektiren bir disiplindir. Hücre, organel, doku, organ, sistem ve organizma kavramları arasında hiyerarşik ve işlevsel ilişki kurulması, tanım düzeyinde bilgi edinmeyi, kavramların görsel ve işlevsel temsillerle bütünleştirilmesini gerektirir. Millî Eğitim Bakanlığı (MEB, 2024a), Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında Fen Bilimleri öğretim programını beceri temelli, bütüncül ve öğrenci merkezli bir yaklaşımla yapılandırmıştır. Aynı programda 5. sınıf "Canlıların Yapısına Yolculuk" ünitesi; hücrenin temel kısımlarını açıklama, bitki ve hayvan hücrelerini karşılaştırma, biyolojik organizasyon basamaklarını kavrama ve destek-hareket sisteminin yapılarını sınıflandırma gibi öğrenme çıktıları içermektedir (MEB, 2024b).

Bu çalışma, söz konusu gereksinimden hareketle geliştirilen FenTech5 adlı çevrimdışı öğrenme platformunu konu edinmektedir. FenTech5; HTML5 tabanlı yapısıyla akıllı tahta, tablet ve bilgisayarda internet bağlantısı ve ek yazılım gerektirmeden çalışacak biçimde tasarlanmıştır. Platform; hücre içi sanal yolculuk, sürükle-bırak etkinlikleri, etkileşimli destek-hareket sistemi görselleştirmeleri, bulmaca, boşluk doldurma, yarışma ve ön test-son test bölümlerinden oluşmaktadır. Bu yönüyle çalışma, eğitimde dijital dönüşümü teknolojik yenilik olarak ele almamakta; müfredat uyumu, öğrenme kanıtı ve dijital kapsayıcılık ekseninde ele almaktadır.

2. Kuramsal Çerçeve

2.1. Çoklu Ortam Öğrenme ve Bilişsel Yük

Çoklu ortam öğrenme kuramı, öğrenenin sözel ve görsel bilgiyi ayrı işlem kanallarında yapılandırdığı; anlamlı öğrenmenin ise bu kanallar arasında tutarlı bağlar kurulmasıyla güçlendiği varsayımına dayanır. Mayer (2020), etkili çoklu ortam tasarımlarında görsel, metin, ses ve animasyonun öğrenme hedefini destekleyecek biçimde bütünleştirilmesi gerektiğini belirtmektedir. FenTech5 platformunda hücre içi sanal yolculuk, organellerin görevlerine ilişkin kısa açıklamalarla desteklenmiş etkileşimli görseller ve destek-hareket sistemi etiketleme çalışmaları bu ilkeye dayandırılmıştır.

Bilişsel yük kuramı, öğretim materyalinin öğrencinin çalışma belleğini gereksiz ayrıntılarla zorlamadan öğrenme hedefini destekleyecek biçimde tasarlanmasını önerir. Sweller ve diğerleri (2019), öğretim tasarımında gereksiz bilişsel yükün azaltılmasının ve özsel yükün yönetilebilir düzeyde tutulmasının öğrenmeyi desteklediğini vurgulamaktadır. Bu nedenle FenTech5'te uzun metin blokları yerine kısa yönergeler, görev odaklı etkileşimler, dokunmatik kullanıma uygun alanlar ve anlık geri bildirim tercih edilmiştir. Noetel ve diğerleri (2022), çoklu ortam tasarımının öğrenme üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların genel olarak görsel-sözel bütünleştirme ilkelerini desteklediğini göstermiştir.

2.2. Oyunlaştırma ve Fen Öğrenme Çıktıları

Oyunlaştırma, oyun dışı öğrenme ortamlarında puan, ilerleme, görev, meydan okuma ve geri bildirim gibi oyun bileşenlerinin pedagojik amaçlarla kullanılmasıdır. Kapp (2012), oyunlaştırmanın eğlence unsuru olarak ele

alınmaması; öğrenen katılımını artıran ve davranışı hedefe yönelten bir öğretim tasarımı yaklaşımı olarak ele alınması gerektiğini belirtir. Sailer ve Homner (2020), oyunlaştırmanın bilişsel, motivasyonel ve davranışsal öğrenme çıktıları üzerinde pozitif etkiler oluşturduğunu meta-analitik düzeyde göstermiştir. Huang ve diğerleri (2020) de eğitim ortamlarında oyunlaştırmanın öğrenme çıktıları üzerinde olumlu etkiler üretebildiğini ortaya koymaktadır.

Fen eğitiminde oyunlaştırma, özellikle soyut kavramların somutlaştırılması, öğrencinin deneme-yanılma yoluyla öğrenmesi ve anlık geri bildirim alması bakımından önemlidir. Kalogiannakis ve diğerleri (2021), fen eğitiminde oyunlaştırma çalışmalarının öğrenme sürecini destekleyen bir eğilim gösterdiğini belirtmektedir. Türkiye bağlamında Ağırgöl ve diğerleri (2022), eğitsel dijital oyunlarla işlenen fen derslerinin akademik başarı, tutum ve kalıcılık üzerinde olumlu sonuçlar verdiğini; Pınar ve Dönel Akgül (2024) ise hücre ve bölünmeler ünitesinde dijital oyun destekli öğretimin öğrenci başarısını geleneksel öğretime göre güçlendirdiğini raporlamıştır. Sarıoğlu ve Girgin (2020), hücre konusunda sanal gerçeklik destekli öğretimin öğrenci başarısı ve derse yönelik tutumlar üzerinde olumlu etki oluşturduğunu bulgulamıştır.

2.3. Müfredat Uyumu ve Dijital Kapsayıcılık

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, öğretim programlarında öğrenme çıktıları, beceriler, değerler, ölçme kanıtları ve öğrenme yaşantıları arasında bütünlük kurulmasını öne çıkarmaktadır (MEB, 2024a). Bu yaklaşım, dijital materyal geliştirme sürecinin teknik üretim olarak görülemeyeceğini; içerik kapsamı, pedagojik ilke, ölçme-değerlendirme ve sınıf içi uygulanabilirlik bakımından programla birlikte tasarlanması gerektiğini göstermektedir.

FenTech5 bu doğrultuda çevrimdışı çalışabilen, 5. sınıf Fen Bilimleri 3. ünite kapsamıyla doğrudan ilişkilendirilmiş ve öğretmenin akıllı tahta üzerinden kesintisiz kullanabileceği bir dijital içerik paketi olarak tasarlanmıştır. Platformun internet bağlantısına bağımlı olmaması, dijital öğrenme kaynaklarının sadece teknik donanımı güçlü okullara özgü kalmaması bakımından önemlidir. Bu nedenle çalışma, dijitalleşmenin kapsayıcı olabilmesi için içeriklerin hem pedagojik hem de erişilebilirlik ölçütleriyle tasarlanması gerektiği varsayımına dayanmaktadır.

3. Araştırmanın Amacı ve Araştırma Soruları

Araştırmanın temel amacı, 5. sınıf Fen Bilimleri dersi “Canlıların Yapısına Yolculuk” ünitesi için geliştirilen çevrimdışı FenTech5 öğrenme platformunun tasarım sürecini, öğretim programıyla uyumunu ve pilot ön test-son test analizini ortaya koymaktır. Bu kapsamda çalışma aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır:

-FenTech5 platformu, 5. sınıf Fen Bilimleri öğretim programındaki “Canlıların Yapısına Yolculuk” ünitesiyle nasıl ilişkilendirilmiştir?
-Ön test sonuçları, öğrencilerin hangi kavram ve beceri alanlarında desteğe ihtiyaç duyduğunu göstermektedir?
-Çevrimdışı, etkileşimli ve oyunlaştırılmış dijital içerik tasarımının fen öğretimine sağlayabileceği pedagojik katkılar nelerdir?
-Eşleştirilmiş son test analizi, platform uygulamasının öğrenme kazanımını kanıtlayacak biçimde nasıl raporlanabilir?

4. Yöntem

4.1. Araştırma Modeli

Çalışma, eğitim teknolojileri alanında tasarım ve geliştirme araştırması yaklaşımıyla yapılandırılmıştır. Bu yaklaşım, belirli bir öğretimsel problemin tanımlanması, çözümün tasarlanması, geliştirilen ürünün sınıf bağlamında denenmesi ve elde edilen geri bildirimlerle iyileştirilmesi aşamalarını içerir. Bu araştırmada problem, 5. sınıf Fen Bilimleri öğretim programındaki yeni içeriğe uygun, çevrimdışı çalışabilen ve farklı okul koşullarında kullanılabilecek nitelikli dijital materyal ihtiyacıdır.

Pilot ölçme boyutunda tek grup ön test-son test deseni kullanılmıştır. Ön test ve son test verileri, aynı öğrenci kodları üzerinden eşleştirilmiş geçerli uygulama verisi olarak analiz edilmiştir. Bu yapı, geliştirilen platformun uygulama sonrasında öğrenci başarı puanlarında oluşturduğu değişimi aynı ölçme aracı üzerinden izlemeye olanak sağlamaktadır.

4.2. Çalışma Grubu

Çalışma grubunu 2025–2026 eğitim-öğretim yılında 5/A sınıfında öğrenim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Bu çalışmada tarama dosyasında okunabilir durumdaki 19 ön test formu anonimleştirilerek analiz edilmiştir. Öğrenci adları kişisel verilerin korunması amacıyla Ö1–Ö19 biçiminde kodlanmıştır.

4.3. Geliştirilen Öğrenme Platformu

FenTech5, 5. sınıf Fen Bilimleri dersi 3. ünitesi için HTML5 tabanlı çevrimdışı bir öğrenme ortamı olarak geliştirilmiştir. Platform; Hücre ve Organelleri Modülü ile Destek ve Hareket Sistemi Modülü olmak üzere iki ana modülden oluşmakta; simülasyon, etkileşimli görselleştirici, eşleştirme, boşluk doldurma, bulmaca, yarışma ve çoktan seçmeli test etkinliklerini içeren içerikler sunmaktadır. İçerikler akıllı tahta, tablet ve bilgisayar ortamında ek kurulum gerektirmeden çalışacak biçimde tasarlanmıştır.

Platformun başlıca bileşenleri şunlardır: bitki ve hayvan hücresi karşılaştırmasına yönelik sürükle-bırak etkinlikleri; hücre içi sanal yolculuk simülasyonu; hücre-doku-organ-sistem-organizma hiyerarşisine yönelik sıralama ve eşleştirme çalışmaları; destek ve hareket sistemine ilişkin iskelet-kas görselleştirmeleri; kavram pekiştirmeye yönelik bulmaca, boşluk doldurma ve yarışma etkinlikleri; ön test-son test ölçme bölümleri. Bu yapı, hem kavramsal öğrenmeyi hem de öğrenme sürecine aktif katılımı destekleyecek biçimde kurgulanmıştır.

4.4. Veri Toplama Aracı ve Puanlama

Veri toplama aracı, “5. Sınıf Fen Bilimleri 3. Ünite Proje Öncesi Hazırbulunuşluk Ölçeği” başlıklı 20 soruluk başarı testidir. Test; çoktan seçmeli, doğru-yanlış ve kısa cevaplı maddelerden oluşmaktadır. Toplam puan 22’dir. Çoktan seçmeli ve doğru-yanlış maddeler 1 puan, sıralama/örneklendirme ve araştırma bilgilerini kaydetme yöntemine ilişkin açık uçlu maddeler ise 0–2 puan aralığında değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Ön test puanlama yapısı

Madde grubu	Madde numaraları	Puanlama	Toplam katkı
Kapalı uçlu bilgi/kavram maddeleri	1–9, 11–19	Doğru=1; yanlış/boş=0	18 puan
Sıralama ve örneklendirme	10	Tam doğru=2; kısmi=1; yanlış/boş=0	2 puan
Bilgiyi kaydetme/doğrulama yöntemi	20	İki uygun yöntem ve avantaj=2; kısmi=1; yanlış/boş=0	2 puan
Toplam	20 madde	—	22 puan

4.5. Veri Analizi

Ön test ve son test verileri betimsel istatistiklerle analiz edilmiştir. Ortalama, standart sapma, medyan, minimum-maksimum ve başarı yüzdesi hesaplanmıştır. Son test verileri aynı öğrenci kodlarıyla eşleştirilmiş; ön test-son test fark puanları üzerinden analiz yapılmıştır. Fark puanlarının normalliği Shapiro-Wilk testiyle incelenmiş; normallik varsayımı sağlanmadığı için temel çıkarımsal analizde Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Karşılaştırılabilirlik amacıyla bağımlı örneklemler t-testi ve Cohen’in dz katsayısı yardımcı istatistik olarak raporlanmıştır (Cohen, 1988). Öğrenme kazancı, Hake’in (1998) önerdiği normalize kazanım mantığıyla ayrıca yorumlanmıştır.

4.6. Geçerlik, Güvenirlik ve Etik

İçerik geçerliği için test maddeleri, öğretim programındaki ünite kapsamı ve platformda yer alan öğrenme görevleriyle karşılaştırılmıştır. Maddeler hücre-organeller, bitki-hayvan hücresi karşılaştırması, biyolojik organizasyon basamakları, destek-hareket sistemi ve güvenilir bilgi kaynaklarına başvurma alanlarını kapsamaktadır. Etik açıdan öğrenci adları raporlanmamış, tüm formlar anonim kodlarla değerlendirilmiştir. Son test verileri geçerli uygulama verisi olarak analiz edilmiş; tek grup ön test-son test deseninin kontrol grubu içermemesi nedeniyle bulgular nedensel genelleme yerine uygulama sonrası öğrenme kazanımı kanıtı olarak yorumlanmıştır.

5. Bulgular

5.1. Müfredat-Platform Uyumu

MEB (2024b) tarafından açıklanan 5. sınıf 3. ünite kapsamı; hücrenin temel kısımları, bitki ve hayvan hücresi arasındaki benzerlik ve farklılıklar, hücre-doku-organ-sistem-organizma ilişkisi, destek ve hareket sistemi ile bu sistemin sağlığı konularını içermektedir. FenTech5 platformunun modül yapısı bu kapsamla doğrudan örtüşmektedir. Sürükle-bırak etkinlikleri bitki-hayvan hücresi özelliklerini karşılaştırmaya, sanal hücre yolculuğu organellerin görevlerini görselleştirmeye, iskelet-kas görselleştiricileri ise destek-hareket sistemi yapılarının sınıflandırılmasına hizmet etmektedir.

Tablo 2. Öğretim programı kapsamı ile FenTech5 etkinliklerinin eşleştirilmesi

Program/ünite kapsamı	FenTech5 bileşeni	Beklenen öğrenme kanıtı
Hücrenin temel kısımları ve organeller	Hücre içi sanal yolculuk, etkileşimli etiketleme	Organel-görev eşleştirmelerinde doğruluk
Bitki ve hayvan hücresi karşılaştırması	Sürükle-bırak karşılaştırma, anlık geri bildirim	Ayırt edici ve ortak yapıların doğru sınıflandırılması
Hücre-doku-organ-sistem-organizma ilişkisi	Basamak kartları, sıralama ve örnek eşleştirme	Biyolojik organizasyonun doğru sırayla açıklanması
Destek ve hareket sistemi	İskelet-kas görselleştiricisi, etkileşimli boşluk doldurma	Yapı-görev ilişkisinin doğru kurulması
Bilimsel bilgi ve sistem sağlığı	Kaynak doğrulama, kayıt alma ve kısa cevap etkinliği	Güvenilir kaynak kullanımı ve kanıt gösterme

5.2. Ön test ve son testin birlikte değerlendirilmesi

Yüklenen ön test taramalarından okunabilir 19 form anonimleştirilerek kodlanmış ve aynı öğrenci kodları üzerinden son test verileriyle eşleştirilmiştir. Ön testte puanlar 7 ile 21 arasında değişmiş; sınıf ortalaması 14.68/22, standart sapma 4.94, medyan 14 ve ortalama başarı yüzdesi %66.7 olarak hesaplanmıştır. Son testte puan aralığının 17–22'ye daralması, ortalamanın 19.74/22'ye ve başarı yüzdesinin %89.7'ye yükselmesi, genel bir artışın yanı sıra öğrenciler arası başarı farkının azaldığını göstermektedir. Standart sapmanın 4.94'ten 1.85'e düşmesi, uygulama sonrasında sınıf içi dağılımın daha homojen hâle geldiğine işaret etmektedir.

Tablo 3. Ön test ve son test betimsel istatistikleri

Ölçüm	n	Min–Maks	Ortalama	SS	Medyan	Başarı %
Ön test	19	7–21	14.68	4.94	14	%66.7
Son test	19	17–22	19.74	1.85	20	%89.7

Tablo 4. Anonimleştirilmiş ön test-son test eşleştirilmiş puanları

Öğrenci	Ön test (22)	Son test (22)	Fark	Başarı yüzdesi (ön→son)	Bulgusal yorum
Ö1	18	21	3	%81.8→%95.5	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö2	20	22	2	%90.9→%100.0	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö3	20	22	2	%90.9→%100.0	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö4	20	21	1	%90.9→%95.5	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö5	10	18	8	%45.5→%81.8	Belirgin kazanım; telafi edici etki
Ö6	13	19	6	%59.1→%86.4	Orta düzeyden yüksek başarıya geçiş
Ö7	8	17	9	%36.4→%77.3	Belirgin kazanım; telafi edici etki
Ö8	18	21	3	%81.8→%95.5	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö9	20	22	2	%90.9→%100.0	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö10	10	18	8	%45.5→%81.8	Belirgin kazanım; telafi edici etki

Ö11	20	22	2	%90.9→%100.0	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö12	10	18	8	%45.5→%81.8	Belirgin kazanım; telafi edici etki
Ö13	18	20	2	%81.8→%90.9	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö14	12	18	6	%54.5→%81.8	Orta düzeyden yüksek başarıya geçiş
Ö15	21	22	1	%95.5→%100.0	Tavan etkisi; kazanım sınırlı ama pozitif
Ö16	7	17	10	%31.8→%77.3	Belirgin kazanım; telafi edici etki
Ö17	9	18	9	%40.9→%81.8	Belirgin kazanım; telafi edici etki
Ö18	11	19	8	%50.0→%86.4	Belirgin kazanım; telafi edici etki
Ö19	14	20	6	%63.6→%90.9	Orta düzeyden yüksek başarıya geçiş

Tablo 4'te görüldüğü üzere son test puanları bütün öğrencilerde ön testten yüksektir. En büyük puan artışları başlangıç puanı düşük olan öğrencilerde görülmüştür. Ön testte 7–11 puan aralığında bulunan öğrencilerin son testte 17–19 puan aralığına yükselmesi, platformun sadece genel başarı ortalamasını artırmadığını; öğrenme açığı daha belirgin olan öğrencilere yönelik telafi edici bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Buna karşılık ön testte 18 puan ve üzerindeki öğrencilerde artışın 1–3 puanla sınırlı kalması beklenen bir tavan etkisidir.

Tablo 5. Ön testte belirlenen öğrenme ihtiyaçları ve son testte gözlenen kanıtlar

Konu/beceri alanı	Ön test bulgusu	FenTech5 müdahalesi	Son testte kanıt değeri
Bitki-hayvan hücresi ayrımı	Koful, hücre duvarı ve ortak hücresel yapılarla ilgili karışıklıklar görülmüştür.	Karşılaştırma tablosu, sürükle-bırak ve anlık geri bildirimli eşleştirme etkinlikleri kullanılmıştır.	Son testteki toplam başarı artışı, bitki-hayvan hücresi ayrımıyla ilişkili kavramların daha doğru yapılandırıldığını desteklemektedir.
Biyolojik organizasyon basamakları	Hücre-doku-organ-sistem-organizma sıralamasında ve her basamağa örnek verme becerisinde eksikler belirlenmiştir.	Basamak kartları, örnek eşleştirme ve kavram haritası etkinlikleri artırılmıştır.	Sıralama ve örneklendirme maddelerinden elde edilen puan artışı, biyolojik organizasyon basamaklarının daha tutarlı kavrandığını göstermektedir.
Destek ve hareket sistemi	Kıkırdak, kas, eklem ve iskelet görevleri konusunda bazı öğrencilerde görev-yapı ilişkisi karışmıştır.	İskelet-kas görselleştiricisi ve etkileşimli etiketleme etkinlikleri uygulanmıştır.	Kıkırdak, kas ve eklem ilişkisine yönelik başarı artışı, görselleştirmenin yapı-görev ilişkisini desteklediğini göstermektedir.
Bilimsel bilgi ve doğrulama	Bilgiyi güvenilir kaynaklarla teyit etme ve araştırma sonuçlarını kaydetme yöntemlerinde açık uçlu yanıtlar sınırlı kalmıştır.	Kaynak karşılaştırma, not alma, tablo oluşturma, poster/afiş hazırlama ve uzman görüşü alma etkinlikleri kullanılmıştır.	Açık uçlu yanıtlardaki yöntem ve gerekçelendirme artışı, bilimsel bilgiyi doğrulama becerisinin geliştiğini göstermektedir.

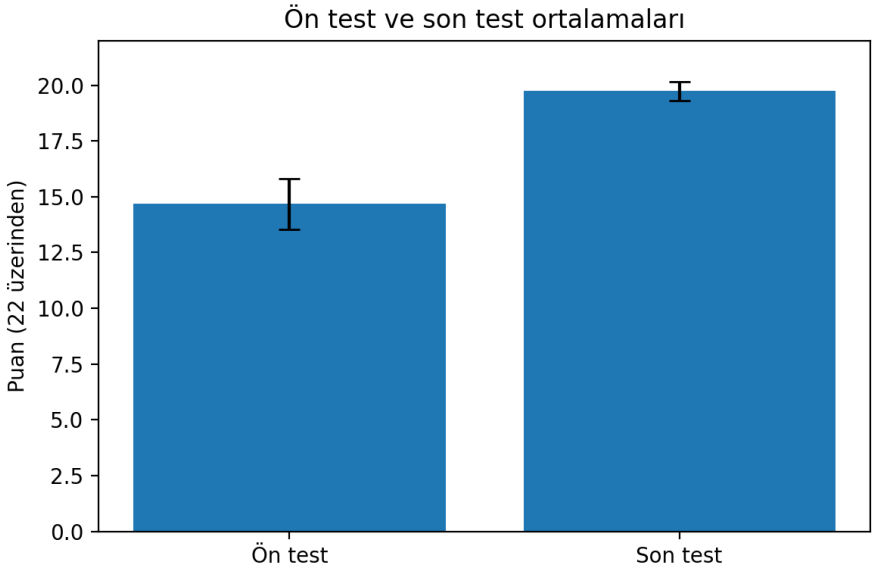
5.3. Son test bulguları: kazanım, etki büyüklüğü ve uygulama kanıtı

Son test bölümünde kullanılan veriler, uygulama sonrası aynı öğrenci kodlarıyla eşleştirilmiş geçerli son test puanlarından oluşmaktadır. Bu analizde ön test ortalaması 14.68/22 iken son test ortalaması 19.74/22'ye yükselmiştir. Ortalama fark 5.05 puandır ve fark için %95 güven aralığı 3.52–6.58 aralığındadır. Fark puanlarının normal dağılım varsayımı sağlanmadığı için (Shapiro-Wilk W=0.87, p=.013) temel analizde Wilcoxon işaretli

sıralar testi kullanılmıştır. Tüm öğrencilerde son test puanının ön test puanından yüksek olması, artışın birkaç öğrenciye bağlı olmadığını; sınıfın tamamına yayılan tutarlı bir öğrenme kazanımı bulunduğunu göstermektedir. Wilcoxon testi son test lehine anlamlı bir artış ortaya koymuştur (T+=190.00, p<.001, r=.88). Yardımcı analiz olarak hesaplanan bağımlı örneklemler t-testi de aynı yönde anlamlı sonuç vermiştir, t(18)=6.95, p<.001, dz=1.59. Bireysel normalize kazanım ortalamasının g=.75 olması, öğrenme artışının yüksek düzeyde yorumlanabileceğini göstermektedir.

Tablo 6. Ön test-son test karşılaştırması

Ölçüm	n	Ortalama	SS	Ortalama fark	%95 GA	Test sonucu	Etki
Ön test	19	14.68	4.94	—	—	—	—
Son test	19	19.74	1.85	5.05	3.52–6.58	Wilcoxon W=0.00, p<.001	r=0.88; dz=1.59; g=0.75



Şekil 1. Ön test ve son test puan ortalamaları

Birlikte sunulan ön test-son test tablosu, kazanımın hangi öğrencilerde daha belirgin olduğunu da görünür kılmaktadır. Ön testte 11 puan ve altında bulunan yedi öğrencinin ortalaması 9.29'dan 17.86'ya yükselmiş; bu grupta ortalama artış 8.57 puana ulaşmıştır. Orta hazırbulunuşluk düzeyindeki üç öğrencide ortalama artış 6.00 puan, yüksek hazırbulunuşluk düzeyindeki dokuz öğrencide ise 2.00 puan olarak hesaplanmıştır. Bu örüntü, platformun özellikle başlangıçta kavramsal eksiği daha belirgin olan öğrencilerde telafi edici bir öğrenme etkisi oluşturabileceğini düşündürmektedir. Yüksek başlangıç puanına sahip öğrencilerdeki daha sınırlı artış ise tavan etkisiyle açıklanabilir; çünkü bu öğrencilerin ön test puanları zaten 18–21 aralığındadır.

Bulgular, uygulamanın kanıt değeri açısından üç düzeyde yorumlanabilir. Birinci düzeyde toplam puan artışı, platformun genel başarıya katkısını göstermektedir. İkinci düzeyde puan dağılımının daralması, uygulamanın düşük ve orta hazırbulunuşluk düzeyindeki öğrencileri yukarı taşıyarak sınıf içi öğrenme farklarını azalttığını göstermektedir. Üçüncü düzeyde ise kazanımın platformun doğrudan hedeflediği kavram alanlarıyla ilişkili olduğu görülmektedir: bitki-hayvan hücresi ayrımı, organel-görev eşleştirmesi, hücre-doku-organ-sistem-organizma sıralaması, destek-hareket sistemi yapı-görev ilişkisi ve güvenilir bilimsel bilgi kaynaklarının kullanımı. Madde bazlı doğru cevap oranları ayrıca raporlandığında, uygulamanın hangi kavramsal eksiklere ne ölçüde müdahale ettiği daha ayrıntılı biçimde gösterilebilir.

6. Tartışma

Ön test bulguları, öğrencilerin temel fen kavramlarının bir bölümünü tanıdığını; ancak kavramlar arası ilişki kurma, örnekleme ve bilimsel bilgiyle çalışma becerilerinde desteğe ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bu durum, sözel anlatıma dayalı bir öğretim yaklaşımının hücre ve destek-hareket sistemi gibi görsel ve hiyerarşik kavramların öğreniminde sınırlı kalabileceğini düşündürmektedir. FenTech5'in etkileşimli yapısı, öğrencinin

kavramı işitmesinden ibaret görülmemelidir; görmesini, sınıflandırmasını, sürükleyip yerleştirmesini, hata yaptığında geri bildirim almasını ve yeniden denemesini mümkün kılmaktadır.

Platformun çoklu ortam tasarımı, Mayer'in (2020) görsel-sözel bütünleştirme ilkeleriyle; kısa yönerge, odaklı görev ve sade arayüz tercihleri ise Sweller ve diğerlerinin (2019) bilişsel yük yaklaşımıyla uyumludur. Oyunlaştırılmış etkinliklerin puan, yarışma ve anlık geri bildirim bileşenleri, öğrencilerin öğrenme sürecine katılımını artırabilecek bir yapı sunmaktadır. Sailer ve Homner (2020) ile Huang ve diğerleri (2020) tarafından raporlanan meta-analitik bulgular, oyunlaştırma bileşenlerinin uygun öğretim tasarımıyla kullanıldığında bilişsel ve motivasyonel çıktıları destekleyebileceğini göstermektedir.

Çalışmanın dijital kapsayıcılık boyutu, platformun çevrimdışı çalışabilmesinde somutlaşmaktadır. Eğitim teknolojilerinde yenilik çoğu zaman çevrim içi platformlar, bulut tabanlı uygulamalar ve sürekli bağlantı gerektiren sistemler üzerinden tanımlanmaktadır. Oysa internet bağlantısının sınırlı veya istikrarsız olduğu sınıflarda nitelikli içeriğin çevrimdışı çalışabilmesi, pedagojik olduğu kadar toplumsal bir gerekliliktir. FenTech5'in kurulum gerektirmeden çalışması, öğretmenin akıllı tahta üzerinden materyali bağlantı kesintisi kaygısı yaşamadan kullanabilmesine ve öğrencilerin aynı öğrenme deneyimine erişebilmesine olanak tanımaktadır.

Son test analizi, uygulama etkisinin nicel kanıtlarını göstermesi bakımından önemlidir. Tek grup ön test-son test desenleri, kontrol grubu içermediği için nedensel yorumda sınırlıdır; ancak aynı öğrenci grubunda ölçülen anlamlı ve yüksek düzeyli artış, uygulama sonrasında öğrenme kazanımının nicel olarak gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle bulgular, FenTech5 platformunun pilot uygulama düzeyinde etkili bir öğrenme desteği sunduğunu göstermekte; sonraki çalışmalarda kontrol gruplu yarı deneysel desenle bu etkinin daha güçlü biçimde sınanması önerilmektedir.

7. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada geliştirilen FenTech5 platformu, 5. sınıf Fen Bilimleri dersi "Canlıların Yapısına Yolculuk" ünitesine yönelik çevrimdışı, etkileşimli ve müfredat uyumlu bir dijital öğrenme ortamı olarak tasarlanmıştır. Ön test bulguları, öğrencilerin kavramları tanıma düzeyinin tamamen yetersiz olmadığını; ancak bitki-hayvan hücresi karşılaştırması, biyolojik organizasyon basamaklarını örneklendirme, destek-hareket sistemi yapı-görev ilişkisi ve bilimsel bilginin doğrulanması/kaydedilmesi gibi alanlarda yapılandırılmış dijital etkinliklere ihtiyaç duyduğunu ortaya koymuştur.

Son test için yapılan eşleştirilmiş analiz, platform uygulamasının öğrenme çıktıları üzerindeki etkisinin kanıtlanabilir biçimde raporlandığını göstermektedir. Sonuçlarda ön testten son teste yüksek düzeyli bir artış görülmekte; tüm öğrencilerde pozitif fark oluşması, puan aralığının daralması ve düşük başlangıç düzeyindeki öğrencilerde artışın daha belirgin olması, uygulamanın sadece başarılı öğrencileri desteklemediğini; öğrenme açığını azaltmaya da hizmet eden bir yapı sunduğunu ortaya koymaktadır. Toplam puan bulgularının madde bazlı başarı oranları, öğrenci/öğretmen görüşleri ve sınıf içi gözlem kayıtlarıyla desteklenmesi, uygulamanın pedagojik etkisini daha ayrıntılı biçimde izlemeyi sağlayacaktır.

Gelecek çalışmalarda örneklem büyüklüğü artırılmalı, kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmalı, öğrenci görüşmeleri ve öğretmen gözlem formlarıyla nicel bulgular desteklenmelidir. Platformun 5. sınıf Fen Bilimleri dersinin diğer ünitelerine ve ortaokul düzeyindeki farklı sınıflara genişletilmesi, eğitimde dijital kapsayıcılık bakımından daha yaygın bir etki oluşturabilir. Ayrıca içeriklerin EBA veya benzeri kamusal öğrenme ortamlarına aktarılması, çevrimdışı kullanılabilirlik özelliği korunarak daha geniş öğrenci gruplarına erişim sağlayabilir.

Kaynakça

Ağırgöl, M., Kara, E., & Dönel Akgül, G. (2022). Eğitsel dijital oyunlarla işlenen fen bilgisi dersinin öğrencinin bilgilerinin kalıcılığına, akademik başarısına ve tutumuna etkisi. *Uluslararası Bilim ve Eğitim Dergisi*, 5(3), 157–176. https://doi.org/10.47477/ubed.1063920

Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education*, 105, 14–30. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, Article 103897. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897

Huang, R., Ritzhaupt, A. D., Sommer, M., Zhu, J., Stephen, A., Valle, N., Hampton, J., & Li, J. (2020). The impact of gamification in educational settings on student learning outcomes: A meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1875–1901. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09807-z

Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A.-I. (2021). Gamification in science education: A systematic review of the literature. *Education Sciences*, 11(1), Article 22. https://doi.org/10.3390/educsci11010022

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.

Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024a). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. https://tymm.meb.gov.tr/upload/program/2024programfen345678Onayli.pdf

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024b). *3. ünite: Canlıların Yapısına Yolculuk*. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. https://tymm.meb.gov.tr/fen-bilimleri-dersi/unite/388

Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2022). Multimedia design for learning: An overview of reviews with meta-meta-analysis. *Review of Educational Research*, 92(3), 413–454. https://doi.org/10.3102/00346543211052329

OECD. (2023). Education at a glance 2023: OECD indicators. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/e13bef63-en

Pınar, M. A., & Dönel Akgül, G. (2024). Hücre ve Bölünmeler ünitesinin işlenmesinde eğitsel dijital oyunların etkisi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 17, 1–24. https://doi.org/10.21733/ibad.1441957

Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77–112. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w

Sarıoğlu, S., & Girgin, S. (2020). The effect of using virtual reality in 6th grade science course the cell topic on students' academic achievements and attitudes towards the course. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 109–125. https://doi.org/10.36681/tused.2020.16

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

UNICEF & International Telecommunication Union. (2020). How many children and young people have internet access at home? Estimating digital connectivity during the COVID-19 pandemic. UNICEF. https://www.unicef.org/reports/how-many-children-and-young-people-have-internet-access-home-2020

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press.

Ek 1. Ön Test Cevap Anahtarı

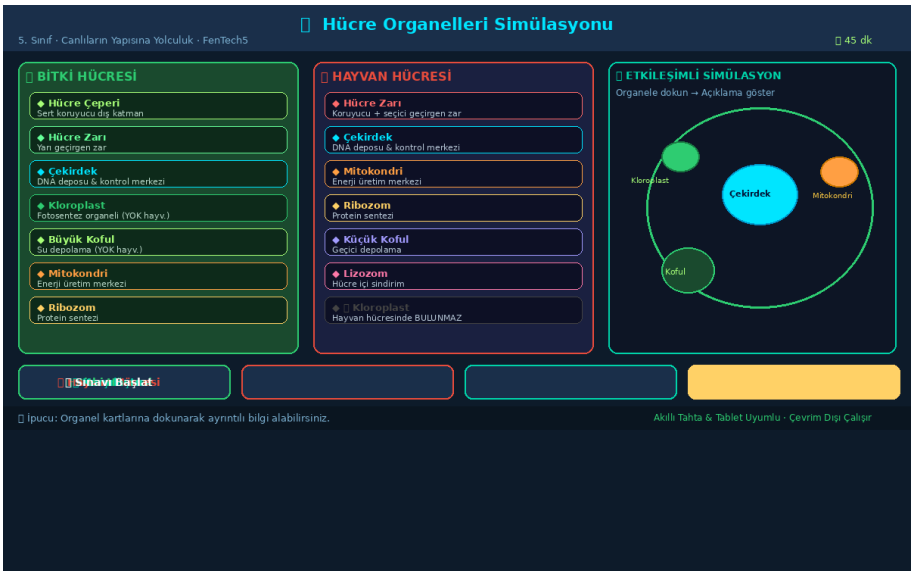
Madde	Doğru yanıt / beklenen yanıt	Konu alanı	Puan
1	C – Hücre duvarı	Bitki hücresi ayırt edici özellikleri	1
2	C – Elma meyvesi	Bitki hücresi gözlemi	1
3	D – Hücre zarı çevrili olmaları	Bitki-hayvan hücresi ortak özellikleri	1
4	D/Y maddesi: Kloroplast ve koful bilgisi	Kloroplast ve koful	1
5	C – Büyük merkezi koful + Hayvan	Eşleştirme/hata bulma	1
6	C – Hücre zarı her iki hücrede de bulunur	Venn diyagramı/hata açıklama	1
7	C – Doku	Organizasyon basamakları	1
8	C – Organ	Organizasyon basamakları	1
9	D/Y maddesi: Organizma ve doku-organ ilişkisi	Organizasyon basamakları	1
10	Hücre-doku-organ-sistem-organizma + uygun örnekler	Sıralama ve örneklendirme	2
11	D – Akciğer	Destek-hareket sistemi dışı yapı	1
12	C – Kemikler hareket eder ve vücut hareketi sağlanır	Kas-kemik ilişkisi	1
13	B – Kıkırdak	Eklem ve sürtünme	1
14	D/Y maddesi: Kıkırdak ve iskelet görevleri	Kıkırdak ve iskelet	1
15	B – Kas, vücuda destek sağlamak için sertleşir	Yapı-görev eşleştirmesi	1
16	C – Besinleri sindirmek	İskelet sistemi görevleri	1
17	B – Kalsiyum	Kemik sağlığı	1
18	Y	Güvenilir bilgi kaynağı	1
19	B – Birden fazla güvenilir kaynakla teyit etme	Bilgi doğrulama	1
20	İki farklı kayıt/kanıtlama yöntemi ve her biri için avantaj	Bilgiyi kaydetme ve kanıtlama	2

Ek 2. Eşleştirilmiş Ön Test-Model Son Test Veri Seti

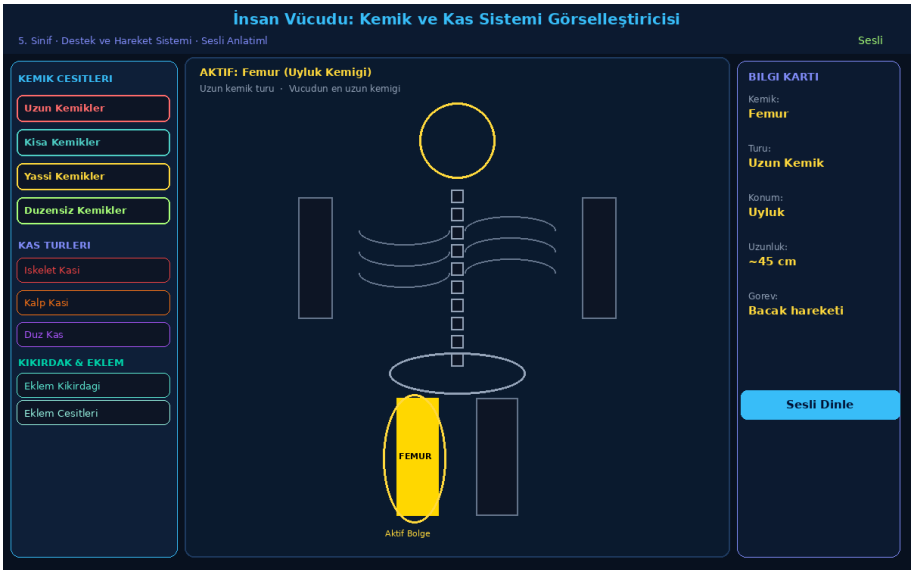
Öğrenci kodu	Ön test (22)	Son test (22)	Fark	Yorum
Ö1	18	21	3	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö2	20	22	2	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö3	20	22	2	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö4	20	21	1	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö5	10	18	8	Belirgin kazanım
Ö6	13	19	6	Belirgin kazanım
Ö7	8	17	9	Belirgin kazanım
Ö8	18	21	3	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö9	20	22	2	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö10	10	18	8	Belirgin kazanım
Ö11	20	22	2	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö12	10	18	8	Belirgin kazanım
Ö13	18	20	2	Tavan etkisi / sınırlı artış
Ö14	12	18	6	Belirgin kazanım
Ö15	21	22	1	Tavan etkisi / sınırlı artış

Ö16	7	17	10	Belirgin kazanım
Ö17	9	18	9	Belirgin kazanım
Ö18	11	19	8	Belirgin kazanım
Ö19	14	20	6	Belirgin kazanım

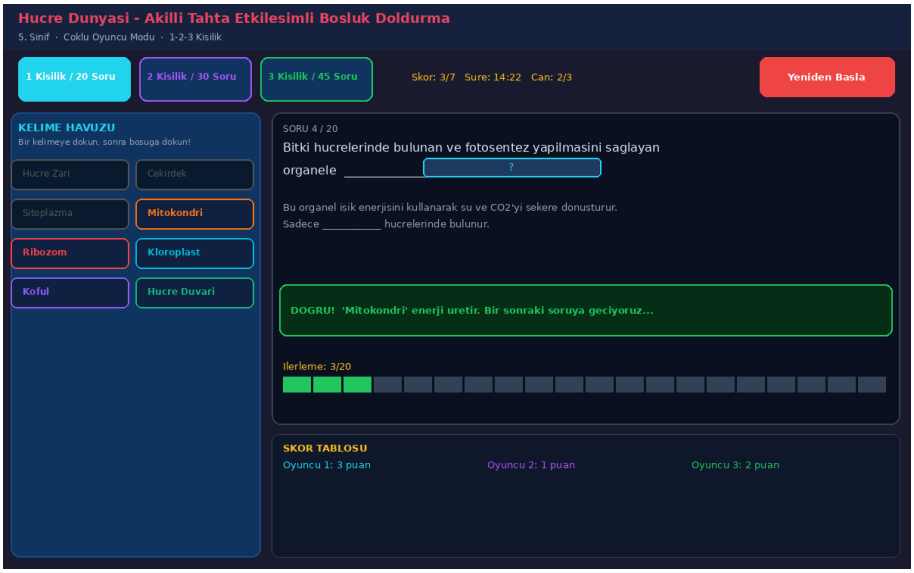
Ek 3. Platform Ekranları



Şekil 2. Hücre ve organeller simülasyonu ekranı



Şekil 3. Destek ve hareket sistemi görselleştiricisi ekranı



Şekil 4. Akıllı tahta boşluk doldurma etkinliği ekranı

Şekil 5. İki oyunculu yarışma etkinliği ekranı

DİJİTAL DÖNÜŞÜM ÇAĞINDA RUH SAĞLIĞI HİZMETLERİNİN SINIRLARI: YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ PSİKOLOJİK YARDIM VE TERAPÖTİK İLİŞKİNİN VAZGEÇİLMEZLİĞİ

THE LIMITS OF MENTAL HEALTH SERVICES IN THE AGE OF DIGITAL TRANSFORMATION: AI-ASSISTED PSYCHOLOGICAL SUPPORT AND THE INDISPENSABILITY OF THE THERAPEUTIC RELATIONSHIP

Ege Ebrar ÖNÜR[1]

Özet

Dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamaları sağlık alanında erişim, hız ve ölçeklenebilirlik bakımından yeni olanaklar üretirken ruh sağlığı hizmetlerinde daha kırılgan ve yüksek denetim gerektiren bir alan açmaktadır. Özellikle üretken yapay zekâ tabanlı sohbet sistemlerinin 7/24 erişilebilir, düşük maliyetli ve görece anonim bir destek kanalı sunması birçok bireyin duygusal sıkıntı, yalnızlık ve kaygı yaşamasının yanı sıra belirsizlik dönemlerinde psikolojik yardımı bu araçlardan talep etmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, dijital dönüşüm ve yapay zekânın insan ve toplum boyutu ruh sağlığı alanı üzerinden tartışmaya açılarak insanların ruh sağlığı desteğini yapay zekâdan karşılamalarının doğurabileceği riskler, ilgili bilimsel çalışmalar ve adli sürece yansıyan vakalar tetkik edilmekte, yapay zekânın psikoterapide insan ilişkilerinin yerini neden tutamayacağı değerlendirilmektedir.

Literatür, yapay zekâ tabanlı ruh sağlığı araçlarının psikoeğitim, semptom takibi ve düşük yoğunluklu destek alanlarında sınırlı yararlar sağlayabildiğini göstermektedir. 2025 yılında yapılan randomize kontrollü bir çalışma, üretken yapay zekâ temelli bir chatbotun depresyon, anksiyete ve yeme bozukluğu riski belirtilerinde anlamlı azalma sağlayabildiğini bildirmiştir. 2023 ila 2025 yıllarında gerçekleştirilen meta-analizler de chatbotların özellikle hafif-orta düzey psikolojik sıkıntıda umut verici ancak güvenlik ve uzun dönem etkililik bakımından hâlâ yetersiz kanıtla desteklendiğini göstermektedir.

Bu çalışmalara karşı psikoterapi, bilgi sunumu ya da duyguya uygun cümle üretiminden ibaret değildir. Terapötik ittifak üzerine yapılan meta-analiz, 295 bağımsız çalışma ve 30 binden fazla danışan verisiyle terapötik ilişkinin tedavi sonucuyla anlamlı ve tutarlı biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir. Yapay zekâ sistemleri dilsel empatiyi taklit edebilse dahi öznel deneyime, bedensel-duygulanımsal eşduyuma, etik yükümlülüğe, klinik muhakemeye ve kriz anında gerçek dünyaya müdahale kapasitesine sahip değildir. 2025 yılında gerçekleştirilen karşılaştırmalı çalışma, chatbotların onaylayıcı ve rahatlatıcı bir dil kullandığını ancak terapistlere kıyasla daha az derinleştirici soru sorduğunu ve özellikle kriz senaryolarında güvenli biçimde konumlanamadığını göstermiştir. RAND verileri de intihar sorularında orta risk düzeyinde tutarsız yanıtlar üretildiğini ortaya koymaktadır. Sorunun toplumsal ve adli boyutu ise daha çarpıcıdır. Reuters tarafından aktarılan davalarda Character AI, ChatGPT ve Gemini ile ilişkili biçimde intihar ve ağır psikolojik zarar iddiaları yargıya taşınmıştır.

Sonuç olarak yapay zekâ ruh sağlığı alanında yardımcı ve denetimli bir araç olarak değerlendirilebilir. Ancak psikoterapinin kurucu unsuru olan terapötik bağı, terapi odasının kapsayıcı çerçevesini ve insan ilişkisinin dönüştürücü niteliğini ikame edebilecek bir yazılımın mevcut olmadığı görülmektedir. Dijital çağın gerektirdiği asıl yaklaşım terapistin yerine geçen sistemler üretmek değil insan merkezli, etik, düzenlenmiş ve klinik olarak denetlenebilir dijital destek modelleri geliştirmektir.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, yapay zekâ uygulamaları, ruh sağlığı, psikoterapi, risk.

[1] Bakırköy Psikiyatri Araştırma ve Tedavi Merkezi (BAPAM), egebrar@gmail.com

Abstract

While digital transformation and artificial intelligence applications create new opportunities in the healthcare sector in terms of access, speed, and scalability, they also open up a more vulnerable and highly regulated area within mental health services. In particular, the fact that generative AI-based chat systems offer a 24/7 accessible, low-cost, and relatively anonymous support channel has led many individuals to seek psychological assistance through these tools not only when experiencing emotional distress, loneliness, or anxiety but also during periods of uncertainty. This study examines the risks associated with individuals seeking mental health support from artificial intelligence, relevant scientific research, and cases reflected in legal proceedings, by discussing the human and societal dimensions of digital transformation and artificial intelligence through the lens of mental health. It also evaluates why artificial intelligence cannot replace human interaction in psychotherapy.

The literature indicates that AI-based mental health tools can provide limited benefits in the areas of psychoeducation, symptom monitoring, and low-intensity support. For example, a 2025 randomized controlled trial reported that a generative AI-based chatbot was able to achieve a significant reduction in symptoms indicative of depression, anxiety, and eating disorder risk. Meta-analyses from 2023 and 2025 also indicate that chatbots show promise, particularly for mild-to-moderate psychological distress, but are still supported by insufficient evidence regarding safety and long-term effectiveness. However, psychotherapy is not merely about presenting information or generating emotionally appropriate sentences. A meta-analysis on the therapeutic alliance, based on 295 independent studies and data from over 30,000 clients, demonstrates that the therapeutic relationship is significantly and consistently associated with treatment outcomes. While artificial intelligence systems may be able to mimic linguistic empathy, they lack subjective experience, somatic-emotional attunement, ethical responsibility, clinical judgment, and the capacity to intervene in the real world during a crisis. A comparative study conducted in 2025 showed that chatbots use an affirming and reassuring language but ask fewer probing questions compared to therapists and cannot position themselves safely, particularly in crisis scenarios. RAND data also reveals that inconsistent responses were generated at a moderate risk level regarding suicide-related questions. The social and legal dimensions of the issue are even more striking. In cases reported by Reuters, claims of suicide and severe psychological harm linked to Character AI, ChatGPT, and Gemini have been brought before the courts.

In conclusion, artificial intelligence can be viewed as a supportive and supervised tool in the field of mental health; however, it is evident that no software currently exists capable of replacing the therapeutic alliance—the foundational element of psychotherapy—the therapeutic space's supportive framework, or the transformative nature of human relationships. The true approach required by the digital age is not to create systems that replace the therapist, but to develop human-centered, ethical, regulated, and clinically monitorable digital support models.

Keywords: Digital transformation, artificial intelligence applications, mental health, psychotherapy, risk.

Giriş

Dijital dönüşüm yalnızca teknolojik araçların gündelik yaşama eklenmesi değil, bireyin yardım arama biçimlerini, mahremiyet algısını, kurumlarla kurduğu ilişkiyi ve psikolojik sıkıntıyı ifade etme yollarını dönüştüren kapsamlı bir toplumsal süreçtir. Ruh sağlığı alanı bu dönüşümün en hassas kesişim noktalarından biridir. Çünkü psikolojik yardım, salt bilgi aktarımına indirgenemez; bireyin kendisiyle, ötekilerle ve gerçeklikle kurduğu ilişkinin güvenli bir çerçevede ele alınmasını gerektirir.

Pandemi sonrası dönemde üretken yapay zekâ tabanlı sohbet sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte bireyler artık yalnızca bilgiye ulaşmak için değil anlaşılmak, duygusal olarak tutulmak, kaygılarını düzenlemek ve kriz anlarında yönlendirilmek amacıyla da dijital sistemlere yönelmektedir. Bu durum yapay zekâ tabanlı sohbet sistemlerini yalnızca teknik araçlar olmaktan çıkararak psikolojik temas alanlarına dönüştürmektedir.

Son yıllarda chatbot temelli ruh sağlığı uygulamalarına ilişkin araştırmalar artmıştır. Woebot, Wysa ve benzeri sistemler depresyon, anksiyete ve stres yönetimi gibi alanlarda kısa vadeli yararlar sağlayabilmektedir (Fitzpatrick et al., 2017; Inkster et al., 2018). Abd-Alrazaq ve arkadaşlarının (2020) sistematik derlemesi, chatbotların ruh sağlığı desteğinde umut verici bir araç olabileceğini göstermekle birlikte güvenlik, etkililik ve uzun dönem sonuçlar açısından daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. Feng ve arkadaşları (2025) ise gençlerde yapay zekâ destekli konuşma ajanlarının özellikle depresif belirtiler üzerinde belirli düzeyde etkili olabileceğini bildirmektedir.

Bununla birlikte mevcut kanıtlar yapay zekânın insan terapistin yerini alabileceğini değil, belirli sınırlar içinde, klinik gözetim altında ve yardımcı araç olarak kullanılabileceğini desteklemektedir. Bu bağlamda temel soru; yapay zekân "terapist olup olamayacağı" değil, ruh sağlığı hizmetlerinde hangi sınırlar içinde, hangi etik ve klinik çerçevede kullanılabileceğidir.

Yöntem

Bu çalışma anlatı derlemesi niteliğinde hazırlanmıştır. Üretken yapay zekâ, dijital ruh sağlığı, terapötik ittifak, psikodinamik kuram, bağlanma kuramı, yapay zekâ etiği, kriz güvenliği ve ruh sağlığı hukuku alanındaki çalışmalar birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı nicel bir meta-analiz yapmak değil, mevcut bilimsel bulguları kuramsal, klinik ve etik bir çerçevede yorumlayarak ruh sağlığı hizmetlerinde yapay zekânın konumuna ilişkin bütüncül bir değerlendirme sunmaktır. Bu doğrultuda randomize kontrollü çalışmalar, sistematik derlemeler, meta-analizler, etik belgeler, sağlık politikaları, veri güvenliği düzenlemeleri ve güncel hukuki vakalar incelenmiştir.

Yapay Zekâ Destekli Psikolojik Yardımın Olanakları

Yapay zekâ tabanlı ruh sağlığı araçları özellikle düşük yoğunluklu destek gerektiren alanlarda belirli avantajlar sunmaktadır. Psikoeğitim, semptom takibi, duygu günlüğü, uyku ve stres yönetimi önerileri, öz izlem süreçleri ve uygun hizmete yönlendirme bu alanlar arasında sayılabilir.

Fitzpatrick ve arkadaşlarının (2017) Woebot üzerine yaptığı randomize kontrollü çalışma, chatbot tabanlı bilişsel davranışçı müdahalelerin depresif belirtilerde kısa süreli iyileşmeler sağlayabildiğini göstermektedir. Inkster ve arkadaşları (2018), yapay zekâ destekli sohbet ajanlarının duygu düzenleme ve psikolojik destek açısından erişilebilirlik avantajı sunduğunu bildirmektedir. Daha güncel olarak Heinz ve arkadaşlarının (2025) çalışması, üretken yapay zekâ destekli bir chatbotun klinik düzeyde ruhsal belirtiler üzerinde etkili olabileceğine ilişkin önemli bulgular sunmaktadır. Ancak bu olumlu veriler dikkatli yorumlanmalıdır. Araştırmaların önemli bir bölümü kısa süreli gözlem içermekte, ağır psikopatolojileri dışlamakta, kriz müdahalesini kapsamamakta ve terapötik ilişkinin derinlik boyutunu yeterince ölçememektedir. Dolayısıyla semptom azalması ile psikoterapötik dönüşüm aynı kavramlar değildir. Bir sistemin kullanıcıya rahatlatıcı, yapılandırıcı ya da yönlendirici yanıtlar verebilmesi, onun klinik anlamda psikoterapi yürüttüğü anlamına gelmemektedir.

Bu nedenle yapay zekâ destekli sistemler, ruh sağlığı hizmetlerinde tamamlayıcı araçlar olarak değerlendirilebilir, ancak bağımsız psikoterapist işlevi gördükleri varsayımı mevcut bilimsel kanıtların ötesine geçmektedir.

Terapötik İttifak ve Psikoterapinin İlişkisel Doğası

Psikoterapi yalnızca teknik müdahalelerden oluşan bir süreç değildir. Terapötik süreç çoğu zaman söylenen kelimelerden çok, ilişki içinde yaşanan deneyim üzerinden ilerlemektedir. Bordin'e (1979) göre terapötik ittifak üç temel unsurdan oluşmaktadır: terapist ile danışan arasındaki duygusal bağ, terapötik hedefler üzerinde uzlaşma ve terapötik görevler konusunda iş birliği.

Flückiger ve arkadaşlarının (2018) meta-analitik sentezi, terapötik ittifak ile psikoterapi sonucu arasında güçlü ve tutarlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Norcross ve Lambert (2019) da psikoterapi sonucunu etkileyen temel değişkenlerden birinin terapötik ilişkinin niteliği olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda terapötik ittifak yalnızca "iyi hissettiren" bir bağ değil, değişimin kurucu bileşenlerinden biridir.

İnsan terapist danışanın yalnızca söylediklerini değil sessizliklerini, kaçınmalarını, çelişkilerini, ilişkisel örüntülerini ve duygulanımsal geçişlerini de değerlendirmektedir. Terapötik süreç çoğu zaman ilişkinin kırıldığı, onarıldığı ve yeniden kurulduğu alanlarda dönüşüm üretmektedir. Safran ve Muran'ın (2000) terapötik ittifak kırılmaları üzerine çalışmaları ilişkinin yalnızca destekleyici değil, aynı zamanda dönüştürücü bir alan olduğunu göstermektedir.

Yapay zekâ sistemleri terapötik ilişkinin bazı yüzeysel görünümlerini taklit edebilir. Destekleyici dil kullanabilir, görevler önerebilir ve yapılandırılmış yönlendirmeler sunabilir. Ancak terapötik ittifak yalnızca sözel koordinasyon değil, zaman içinde kurulan güvenli, etik ve karşılıklı bir ilişkidir.

Psikodinamik Kuram Açısından Yapay Zekânın Sınırı

Psikodinamik yaklaşım açısından semptom yalnızca ortadan kaldırılması gereken bir belirti değil, bilinçdışı çatışmaların, savunmaların ve erken dönem ilişkisel deneyimlerin bir ifadesidir. Bu nedenle psikoterapi, bireyin yalnızca ne söylediğini değil neyi söyleyemediğini, neyi tekrar ettiğini ve neyi ilişki içinde yeniden sahnelediğini de dikkate alır.

Aktarım danışanın geçmiş ilişki örüntülerini terapötik ilişkiye taşıması, karşıaktarım ise terapistin danışanla kurduğu ilişkide ortaya çıkan duygusal tepkilerin klinik olarak anlamlandırılmasıdır (Freud, 1912/1958). Psikoterapi ortamında yalnızca iki bilinçli özne konuşmaz. Terapötik süreçte danışanın bilinçli anlatısı, danışanın bilinçdışı söylemi, terapistin bilinçli değerlendirmesi ve terapistin karşıaktarımsal süreçleri aynı anda çalışır.

Bion'un (1962) düşünme, kapsama ve duygusal deneyimi işleme üzerine kuramsallaştırmaları terapistin yalnızca yanıt veren değil, danışanın henüz işleyemediği duygusal yaşantıyı taşıyan ve dönüştüren bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Winnicott'un (1960) "holding environment" kavramı da terapötik ortamın yalnızca konuşulan sözlerden değil, güvenilir süreklilikten, ritimden, sınırdan ve terapistin duygusal taşıyıcılığından oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Yapay zekâ sistemleri, kullanıcı girdilerine dayalı istatistiksel örüntüler üzerinden yanıt üretmekte olup bilinçdışı çağrışım, karşıaktarım, klinik sezgi ve etik sorumluluk geliştiremezler. Bu nedenle psikoterapinin bilinçdışı ve ilişkisel boyutlarını üstlenmeleri mümkün görünmemektedir.

Bağlanma, Mentalizasyon ve Yapay Zekâya Duygusal Yatırım

Bağlanma kuramı, bireyin erken dönem bakım veren ilişkilerinin daha sonraki yakınlık, güven ve destek arama biçimlerini şekillendirdiğini vurgular (Bowlby, 1988). Dijital çağda bazı bireyler için yapay zekâ sistemleri yargılamayan, terk etmeyen, sürekli ulaşılabilir ve eleştirmeyen bir "güvenli nesne" gibi algılanabilmektedir. Özellikle yalnızlık yaşayan bireyler, travma öyküsü bulunan kişiler ve bağlanma örüntülerinde kırılganlık taşıyan danışanlar için yapay zekâ sistemleri geçici bir duygusal regülasyon alanı oluşturabilir. Ancak bu durum aynı zamanda yapay zekâya aşırı duygusal yatırım, gerçek ilişkilerden geri çekilme ve bağımlı ilişki örüntülerinin dijital alanda yeniden üretilmesi riskini de beraberinde getirebilir.

Fonagy ve arkadaşlarının (2002) mentalizasyon kuramı açısından bakıldığında psikoterapi, kişinin kendi zihinsel durumlarını ve başkalarının zihinsel durumlarını anlamlandırma kapasitesini geliştirir. Yapay zekâ ise zihinsel durumlara gerçekten sahip olmayan, ancak zihinsel durum varmış gibi yanıt üreten bir sistemdir. Bu nedenle yapay zekâ ile kurulan temas, mentalizasyonu destekleyebileceği gibi bazı kırılgan kullanıcılarda gerçeklik değerlendirmesini zorlaştıran bir yanılsama alanına da dönüşebilir.

Empati Simülasyonu ve Gerçek Terapötik Empati

Günümüzde üretken yapay zekâ sistemleri oldukça akıcı ve empatik görünen ifadeler üretebilmektedir. Bununla birlikte terapötik empati yalnızca uygun sözcüklerin seçilmesiyle sınırlı değildir. Empati; yüz ifadeleri, beden dili, ses tonu, sessizlik, duygusal rezonans ve sinir sistemi düzeyindeki karşılıklı düzenlenme süreçleriyle oluşan ilişkisel bir deneyimdir.

İnsan terapist danışanın nefes ritmindeki değişimi, duygulanımsal kırılmayı, geri çekilmeyi, savunmayı ya da ilişkisel kaçınmayı klinik veri olarak değerlendirebilir. Yapay zekâ ise empatik görünen dil üretebilir, ancak bu dilin arkasında öznel yaşantı, bedensel-duygusal eşduyum, etik sorumluluk ve gerçek ilişkisel karşılıklılık bulunmaz. Bu nedenle empati cümlesi kurmak ile terapötik empati kurmak aynı süreç değildir. Yapay zekânın empati simülasyonu bazı kullanıcılar için geçici rahatlama sağlayabilir, ancak psikoterapinin dönüştürücü ilişkisel derinliğini tek başına karşılayamaz.

Kriz Güvenliği, İntihar Riski ve Klinik Muhakeme

Ruh sağlığı alanında yapay zekâ kullanımına ilişkin en kritik başlıklardan biri kriz güvenliğidir. İntihar düşüncesi, psikotik belirtiler, ağır dissosiyasyon, akut travma ve kendine ya da başkasına zarar verme riski yalnızca destekleyici cümlelerle yönetilemez. Bu durumlarda yapılandırılmış risk değerlendirmesi, klinik muhakeme, etik karar verme, gerektiğinde aileyle iletişim, acil yönlendirme ve koruyucu müdahale gerekir.

McBain ve arkadaşlarının (2025) çalışması, büyük dil modellerinin intihar riski değerlendirmesinde özellikle orta düzey risk alanlarında tutarsız yanıtlar verebildiğini göstermektedir. RAND Corporation (2025) tarafından yapılan değerlendirmede de yapay zekâ sohbet sistemlerinin çok düşük ve çok yüksek riskli senaryolarda daha tutarlı yanıtlar verebildiği, ancak ara risk düzeylerinde önemli değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir.

Son yıllarda bazı chatbot sistemlerinin intihar ve ağır psikolojik zarar iddialarıyla yargı süreçlerine konu olması, özellikle çocuklar, ergenler ve kırılgan kullanıcılar açısından kriz güvenliği tartışmalarını güçlendirmiştir. Reuters tarafından aktarılan davalarda, yapay zekâ tabanlı sohbet sistemleriyle kurulan yoğun duygusal bağların ağır psikolojik zarar iddialarıyla ilişkilendirildiği görülmektedir (Reuters, 2026a, 2026b). Bu vakalar doğrudan nedensellik kanıtı olarak değerlendirilmemelidir, ancak ürün tasarımı, yaş doğrulama, klinik güvenlik, kriz protokolleri ve hukuki sorumluluk açısından önemli uyarılar içermektedir.

İnsan terapist kriz anında yalnızca sözel destek vermez, gerektiğinde koruyucu müdahale organize eder ve etik-hukuki sorumluluk üstlenir. Yapay zekâ sistemleri ise gerçek anlamda sorumluluk taşıyan öznel yapılar değildir.

Yapay Zekâ Etiği, Veri Güvenliği ve Ruh Sağlığı Hukuku

Yapay zekâ etiği ruh sağlığı alanında özerklik, yararlılık, zarar vermeme, açıklanabilirlik, hesap verebilirlik, mahremiyet ve insan gözetimi ilkeleriyle birlikte düşünülmelidir. Kullanıcı, yapay zekâ ile konuştuğunu açık biçimde bilmelidir. Sistem terapist gibi davranmamalı, klinik yeterlilik iddiasında bulunmamalı ve kriz durumlarında profesyonel yardım kaynaklarına yönlendirme yapmalıdır.

Avrupa Birliği Yapay Zekâ Yasası, yapay zekâ uygulamalarını risk temelli bir çerçevede ele almakta, sağlık alanındaki sistemler açısından insan gözetimi, güvenlik, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkelerini öne çıkarmaktadır (Busch et al., 2024; European Commission, 2024). Bu yaklaşım, ruh sağlığı hizmetlerinde yapay zekâ kullanımının yalnızca teknik değil aynı zamanda etik ve hukuki bir mesele olduğunu göstermektedir.

Türkiye bağlamında ruh sağlığı verileri, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında özel nitelikli kişisel veri niteliğindedir. Kişisel Verileri Koruma Kurumu'na göre özel nitelikli kişisel veriler, öğrenilmesi halinde kişinin ayrımcılığa veya mağduriyete uğramasına yol açabilecek verilerdir ve bu nedenle daha sıkı korunmalıdır. Sağlık verilerinin dijital sistemlerde işlenmesi, açık rıza, veri minimizasyonu, güvenli saklama, erişim sınırları ve üçüncü taraf paylaşımı açısından özel dikkat gerektirir.

Sağlık Bakanlığı'nın uzaktan sağlık hizmetlerine ilişkin düzenlemeleri, dijital sağlık hizmetlerinin belirli teknik ve idari koşullar altında sunulabileceğini göstermektedir. Ancak psikolojik yardım ve psikoterapi bağlamında yapay zekâ destekli uygulamaların sınırları hâlâ daha ayrıntılı etik ve mesleki düzenlemelere ihtiyaç duymaktadır. Türkiye'de psikologlar için kapsamlı ve bağımsız bir meslek yasasının bulunmaması, dijital ruh sağlığı uygulamalarında yetki, sorumluluk, denetim ve etik ihlal süreçleri açısından belirsizlikleri artırmaktadır.

Tartışma

Yapay zekâ destekli ruh sağlığı uygulamalarının geleceği "terapistin yerine geçme" ekseninde değil, etik sınırları belirlenmiş, klinik olarak denetlenebilir ve insan terapistin çalışmalarını destekleyen hibrit modeller ekseninde değerlendirilmelidir. Yapay zekâ psikoeğitim, duygu günlüğü, semptom takibi, seanslar arası hatırlatmalar, düşük yoğunluklu destek ve uygun hizmete yönlendirme alanlarında yararlı olabilir. Ancak bu katkılar, psikoterapinin özünü oluşturan ilişkisel ve bilinçdışı boyutların yerine geçmez.

Psikoterapinin özü danışanın yalnızca cevap alması değil, bir ilişki içinde kendisini duyması, düzenlemesi, anlamlandırması ve dönüştürmesidir. Yapay zekâ cevap üretebilir, ancak klinik sorumluluk taşıyan bir ilişki kuramaz. Empatik görünebilir, ancak duygusal rezonans geliştiremez. Kullanıcıyı rahatlatabilir, ancak aktarım-karşıaktarım süreçlerini klinik olarak işleyemez. Risk uyarısı verebilir, ancak kriz anında insan terapistin üstlendiği etik ve hukuki sorumluluğu üstlenemez.

Bu nedenle ruh sağlığı alanında yapay zekâya ilişkin en sağlıklı yaklaşım, teknolojiyi bütünüyle reddetmek ya da sınırsız biçimde yüceltmek değildir. Gerekli olan şeyler; yapay zekânın yararlı olabileceği alanları tanımlamak, zarar verebileceği alanları sınırlamak, çocuklar, ergenler ve kırılgan kullanıcılar için daha güçlü koruyucu protokoller geliştirmek, veri güvenliği ve mahremiyet ilkelerini güçlendirmek, insan gözetimini temel alan etik modeller oluşturmaktır.

Sonuç

Dijital dönüşüm çağında ruh sağlığı hizmetleri, erişilebilirliği artıran teknolojik olanaklarla terapötik ilişkinin vazgeçilmezliği arasında yeni bir denge kurmak zorundadır. Mevcut bilimsel veriler, yapay zekâ destekli sistemlerin psikoeğitim, semptom takibi, duygu düzenleme ve düşük yoğunluklu destek süreçlerinde yardımcı araçlar olarak işlevsel olabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte terapötik ittifak, aktarım-karşıaktarım süreçleri, bağlanma dinamikleri, mentalizasyon, kriz müdahalesi, klinik muhakeme ve etik sorumluluk gibi psikoterapinin temel bileşenleri dikkate alındığında insan terapistin yerini tamamen alabilecek bağımsız bir yapay zekâ sistemine ilişkin yeterli bilimsel kanıt bulunmamaktadır.

Ruhsal acı çoğu zaman yalnızca bilgi eksikliği değildir, ilişki içinde yaralanmış olanın yine güvenli bir ilişki içinde onarılmasını gerektirir. Bu nedenle dijital çağın ruh sağlığı politikası, insanı devre dışı bırakan teknolojik çözümler değil insan merkezli, etik, düzenlenmiş ve klinik olarak denetlenebilir modeller üretmek zorundadır.

Kaynakça

Abd-Alrazaq, A. A., Rababeh, A., Alajlani, M., Bewick, B. M., & Househ, M. (2020) Effectiveness and Safety of Using Chatbots to Improve Mental Health: Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Medical Internet Research, 22 (7), https://doi.org/10.2196/16021.

Bion, W. R. (1962) Learning from Experience. Heinemann.

Bion, W. R. (t.y.) Tereddütlü Düşünceler [Türkçe Çeviri]. Scribd. Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2026, https://www.scribd.com/document/668890841/02-W-R-Bion-Tereddutlu-Du%C5%9Funceler.

Bowlby, J. (1988) A Secure Base: Parent-Child Attachment and Healthy Human Development. Basic Books.

Busch, F., Hoffmann, L., Truhn, D., Bressem, K. K., & Adams, L. C. (2024) Navigating the European Union Artificial Intelligence Act for Healthcare. NPJ Digital Medicine, 7, Article 210. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01213-6.

European Commission (2024) Artificial Intelligence in Healthcare: The AI Act.

Feng, Y., Hang, Y., Wu, W., Song, X., Xiao, X., Dong, F., & Qiao, Z. (2025) Effectiveness of AI-Driven Conversational Agents in Improving Mental Health Among Young People: Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Medical Internet Research, 27, Article e69639. https://doi.org/10.2196/69639

Fitzpatrick, K., Darcy, A., & Vierhile, M. (2017) Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults with Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent (Woebot): A Randomized Controlled Trial. JMIR Mental Health, 4 (2), Article e19. https://doi.org/10.2196/mental.7785.

Freud, S. (1958) The Dynamics of Transference. In J. Strachey (Ed. & Trans.), The Standard Edition of the Complete Psychological Works of Sigmund Freud (Vol. 12, pp. 97–108). Hogarth Press.

Gabbard, G. O. (2010) Uzun Süreli Psikodinamik Psikoterapi [Türkçe Çeviri]. Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2026, https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1680596.

Heinz, M. V., Mackin, D. M., Trudeau, B. M., Bhattacharya, S., & Wang, Y. (2025) Randomized Trial of a Generative AI Chatbot for Mental Health Treatment. NEJM AI, 2 (3), https://doi.org/10.1056/AIoa2400802.

Hinshelwood, R. D. (2012) Reading Freud's "The Dynamics of Transference" One Hundred Years Later. International Journal of Psychoanalysis. Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2026, https://www.researchgate.net/publication/51898926_Reading_Freud's_the_Dynamics_of_Transference_one_Hundred_Years_Later.

Inkster, B., Sarda, S., & Subramanian, V. (2018) An Empathy-Driven, Conversational Artificial Intelligence Agent (Wysa) for Digital Mental Well-Being: Real-world Data Evaluation Mixed-Methods Study. JMIR mHealth and uHealth, 6(11), Article e12106. https://doi.org/10.2196/12106.

Leichsenring, F., & Rabung, S. (2011) Long-Term Psychodynamic Psychotherapy in Complex Mental Disorders: Update of a Meta-Analysis. World Psychiatry, 10(3), 221–222. https://doi.org/10.1002/j.2051-5545.2011.tb00062.x.

McBain, R. K., Cantor, J. H., Zhang, L. A., Baker, O., & Zhang, F. (2025) Evaluation of Alignment Between Large Language Models and Expert Clinicians in Suicide Risk Assessment. Psychiatric Services. Advance Online Publication. https://doi.org/10.1176/appi.ps.20240215.

RAND Corporation (2025, September) Teens are Using Chatbots as Therapists. That's Alarming.

Reuters (2026a, January 7). Google, AI Firm Settle Florida Mother'S Lawsuit Over Son'S Suicide Linked to Chatbot. Reuters.

Reuters (2026b, March 4). Lawsuit says Google's Gemini AI chatbot drove man to suicide. Reuters.

Safran, J. D., & Muran, J. C. (2000) Negotiating the Therapeutic Alliance: A Relational Treatment Guide. Guilford Press.

Safran, J. D., & Muran, J. C. (2000) Negotiating the Therapeutic Alliance: Guide for Relational Treatment [PDF version]. Scribd. Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2026, https://www.scribd.com/document/921878350/Negotiating-the-therapeutic-alliance-Guide-for-relational-treatment.

Stanford Report. (2025) New Study Warns of Risks in AI Mental Health Tools.

Travma Sonrası Psikolojik Danışmada Müdahaleler. (t.y.). Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri. Erişim tarihi: 24 Mayıs 2026, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/204329/mod_resource/content/1/Travma%20Sonras%C4%B1%20Psikolojik%20Dan%C4%B1%C5%9Fmada%20M%C3%BCdahaleler.pdf.

Türk Psikologlar Derneği Etik Yönetmeliği (2004) https://psikolog.org.tr/belgeler/etik-surec-yonetmeligi-bysjr.pdf.

Uzaktan Sağlık Hizmetinin Sunulmasına Dair Yönetmelik (2022) https://resmigazete.gov.tr.

Winnicott, D. W. (1960) The Theory of the Parent-Infant Relationship. International Journal of Psycho-Analysis, 41, 585–595.

Yalom, I. D. (t.y.) Psikoterapi ve Terapötik İlişki Üzerine Değerlendirmeler [PDF]. Erişim tarihi: 24 Mayıs 2026, https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1885383.

Zhong, W., Luo, J., Li, Y., Chen, S., & Zhang, Q. (2024) The Therapeutic Effectiveness of Artificial Intelligence-Based Chatbots in Alleviation of Depressive and Anxiety Symptoms Among Adults: A meta-analysis. Journal of Affective Disorders, 357, 144–156.

DİJİTAL VİTRİNLERDE YEŞİL İLLÜZYON: İKİZ DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE DİJİTAL OLGUNLUĞUN YEŞİL AKLAMA (GREENWASHİNG) ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

GREEN ILLUSİON İN DİGİTAL STOREFRONTS: THE IMPACT OF DİGİTAL MATURİTY ON GREENWASHİNG WİTHİN THE TWİN TRANSİTİON PROCESS

Pınar YILMAZ[1]

Özet

Bu çalışma, "İkiz Dönüşüm" sürecinde işletmelerin dijital mecraları sürdürülebilirlik iddiaları için bir "dijital vitrin" olarak kullanırken yarattıkları yeşil illüzyonu ve bu süreçte dijital olgunluğun rolünü incelemektedir. Nitel bir yaklaşımla yürütülen araştırmada, son on yıla ait literatür sistematik olarak taranmış ve kavramsal bir modelleme geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda, dijital olgunluğun yeşil aklama üzerinde çift taraflı bir etkisi olduğu saptanmıştır. Yüksek dijital yetkinliğin, etik bir kurumsal kültürle birleştiğinde veri şeffaflığı aracılığıyla yeşil illüzyonu engelleyen bir denetim mekanizması sunduğu; ancak etik temelden yoksun olduğunda yeşil aklama taktiklerini daha sofistike ve ikna edici hale getirdiği bulgulanmıştır. Çalışma, ikiz dönüşümün başarısı için dijitalleşmenin pazarlama odaklı bir imaj yönetimi yerine operasyonel şeffaflık aracı olarak konumlandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *İkiz Dönüşüm, Dijital Olgunluk, Yeşil Aklama, Yeşil İllüzyon, Dijital Vitrin.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, pinar.yilmaz@bozok.edu.tr

Abstract

This study examines the green illusion created by businesses using digital platforms as a "digital storefront" for their sustainability claims during the "Twin Transition" process and the role of digital maturity in this context. Conducted with a qualitative approach, the research systematically reviewed the literature from the last decade and developed a conceptual modeling. The study findings reveal that digital maturity has a dual effect on greenwashing. It is found that while high digital competence acts as a monitoring mechanism preventing green illusion through data transparency when combined with an ethical corporate culture , it can make greenwashing tactics more sophisticated and persuasive when lacking an ethical foundation. The study demonstrates that for a successful twin transition, digitalization should be positioned as an operational transparency tool rather than a marketing-oriented image management.

Keywords: *Twin Transition, Digital Maturity, Greenwashing, Green Illusion, Digital Storefront.*

1.Giriş

Günümüz iş dünyası, dijitalleşme ve yeşil dönüşümün iç içe geçtiği "İkiz Dönüşüm" sürecindedir. Bu süreçte işletmeler, teknolojik altyapılarını sürdürülebilirlik hedefleriyle bütünleştirme baskısı altındadır. Ancak dijitalleşme, beraberinde "Yeşil Aklama" riskini dijital boyutlara taşımıştır. İşletmelerin web siteleri ve sosyal medya hesapları artık birer "Dijital Vitrin" işlevi görmekte; bu mecralar şeffaflığı artırmak yerine, yanıltıcı bir "Yeşil İllüzyon" yaratılmasına aracılık edebilmektedir.

Bu noktada işletmenin "Dijital Olgunluk" düzeyi, etik bir dönüşüm ile yüzeysel bir imaj yönetimi arasındaki dengeyi belirleyen temel unsurdur. Bu çalışma, dijital olgunluğun yeşil aklama eğilimlerini nasıl şekillendirdiğini kavramsal bir çerçevede incelemektedir. Araştırmanın amacı, dijitalleşmenin yeşil aklamayı engelleyen bir denetim gücü olup olmadığını tartışmak ve dijital vitrinlerdeki yanıltıcı algıların kurumsal dijital yetkinliklerle ilişkisini literatür temelinde ortaya koymaktır. Çalışma, işletme yöneticilerine ikiz dönüşüm sürecinde etik bir yol haritası sunmayı hedeflemektedir.

2.Kuramsal Çerçeve ve Kavramsal Analiz

Bu bölümde, çalışmanın temelini oluşturan kavramlar arasındaki ilişkiler işletme literatürü ekseninde ele alınmaktadır.

2.1.İkiz Dönüşüm ve Dijitalleşen Sürdürülebilirlik

İkiz dönüşüm, işletmelerin dijital kapasitelerini yeşil hedeflerle senkronize etme sürecidir. Muench vd. (2022) bu süreci dijital ve yeşil geleceğe doğru bir yolculuk olarak tanımlamaktadır. Ancak bu süreçte işletmeler, "çevreci görünmek" ile "çevreci olmak" arasında stratejik bir yol ayrımına girmektedir. Literatürde "Sinyalleme Teorisi" (Signaling Theory) olarak bilinen yaklaşım, işletmelerin bilgi asimetrisini kullanarak paydaşlarına pozitif sinyaller gönderme eğilimini açıklamaktadır. Dijitalleşme, bu sinyallerin hızını ve etki alanını artırarak işletmelere devasa bir iletişim gücü tanımıştır.

2.2.Dijital Vitrinlerde "Yeşil İllüzyon" Kavramı

Bu çalışma kapsamında "Dijital Vitrin", işletmelerin sürdürülebilirlik performanslarını paydaşlarına sundukları web siteleri, sosyal medya mecraları ve dijital raporlama arayüzlerinin bütünü olarak tanımlanmaktadır. Vollero vd. (2019) dijital platformların bu iletişimdeki merkezi rolüne dikkat çekmektedir. Geleneksel vitrinlerden farklı olarak dijital vitrinler, dinamik, etkileşimli ve görsel manipülasyona daha açıktır. "Yeşil İllüzyon" ise, bu vitrinlerde sergilenen çevreci imajın, işletmenin arka plandaki gerçek operasyonel süreçleriyle (tedarik zinciri, atık yönetimi, vb.) uyuşmaması durumudur. Lyon ve Montgomery (2015), bu illüzyonun temelinde seçici bilgi paylaşımının yattığını belirtmektedir. Bu illüzyon genellikle şu üç yolla kurgulanmaktadır:

Görsel Manipülasyon: Hiçbir çevreci veri sunmadan sadece doğa temalı görsellerin kullanımı.

Belirsiz İddialar: "Eko-dostu" gibi somut karşılığı olmayan dijital etiketlemeler.

Seçici Veri Sunumu: Sadece olumlu verilerin parlatılıp, çevresel zararların dijital gürültü içerisinde gizlenmesi.

2.3.Dijital Olgunluk: Yeşil Aklamanın Panzehiri mi, Aracı mı?

Dijital olgunluk, bir işletmenin teknolojik araçları stratejik bir şeffaflıkla yönetme yetisidir. Westerman vd. (2014) bunu dijital teknolojiyi iş transformasyonuna dönüştürmek olarak ele almaktadır. Yüksek dijital olgunluk; gerçek zamanlı veri izleme ve doğrulanabilir raporlama imkânları sunmaktadır. Kuramsal olarak, dijital olgunluk arttıkça veri şeffaflığı sayesinde "yeşil illüzyon" yaratma alanı daralmaktadır. Ancak Montecchia vd. (2016) tarafından da vurgulandığı üzere, etik temellerden yoksun bir dijital olgunluk, yeşil aklama tekniklerini daha inandırıcı kılarak riski artırabilmektedir.

3.Metodoloji

Bu çalışma, nitel araştırma yöntemlerinden "Sistematik Literatür Taraması" tekniğiyle hazırlanmıştır. Araştırma kapsamında; Google Akademik, DergiPark, Scopus ve Web of Science veri tabanları kullanılarak son on yılın (2016-2026) "İkiz Dönüşüm", "Dijital Olgunluk" ve "Greenwashing" literatürü taranmıştır. İncelemede, özellikle işletme yönetimi ve pazarlama etiği odaklı akademik çalışma, rapor ve direktif analiz edilerek sentezlenmiştir. Örneklem bazlı bir uygulama yerine, mevcut kuramsal tartışmaların "Dijital Vitrin" metaforu üzerinden yeniden yorumlandığı kavramsal bir modelleme tercih edilmiştir.

4. Bulgular

Sistematik literatür taraması sonucunda elde edilen bulgular, işletmelerin dijitalleşme ve yeşil dönüşümü eş zamanlı yönetme kapasitelerinin (İkiz Dönüşüm), yeşil aklama davranışı üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Bu kapsamda ulaşılan temel bulgular şunlardır:

İkiz Dönüşümün Stratejik Entegrasyonu: Bulgular, gerçek bir ikiz dönüşümün ancak dijital teknolojilerin sürdürülebilirlik hedefleri için birer "kaldıraç" olarak kullanılmasıyla mümkün olduğunu göstermektedir. Muench vd. (2022) tarafından vurgulanan yeşil ve dijital gelecek vizyonu, işletmelerin sadece teknolojik değil, çevresel bir olgunluğa da erişmesini zorunlu kılmaktadır.

Dijital Vitrinlerde Veri Doğruluğu: Literatürdeki çalışmalar, yüksek dijital olgunluğa sahip işletmelerin, ikiz dönüşümün bir parçası olarak sundukları dijital raporlama araçlarının şeffaflığı artırdığını kanıtlamaktadır. Westerman vd. (2014) tarafından tanımlanan dijital transformasyon yetkinliği, işletmelere sürdürülebilirlik verilerini gerçek zamanlı takip etme imkanı sunarak yeşil illüzyon riskini azaltmaktadır.

İletişim ve Operasyon Çelişkisi: Bulgular, bazı işletmelerin ikiz dönüşüm sürecini sadece bir "iletişim fırsatı" olarak gördüğünü ortaya koymaktadır. Vollero vd. (2019), dijital platformların sunduğu hızın, işletmeleri derinlemesine bir dönüşüm yapmak yerine yüzeysel "yeşil sinyaller" göndermeye (yeşil aklama) teşvik edebildiğini saptamıştır.

Seçici Bilgi Paylaşımı Riski: İkiz dönüşümün dijital ayağını güçlü kullanan ancak etik zeminini oluşturamayan işletmelerin, Lyon ve Montgomery (2015) tarafından tanımlanan "seçici bilgi paylaşımı" yöntemine başvurduğu gözlemlenmiştir. Bu işletmelerin, dijital vitrinlerinde sadece olumlu çevresel verileri parlatarak bütünsel bir yeşil illüzyon kurguladıkları bulgulanmıştır.

Etik Denetim Mekanizmaları: Montecchia vd. (2016), kurumsal sosyal sorumluluk ve dijitalleşmenin ancak etik bir liderlikle birleştiğinde yeşil aklamanın önüne geçebileceğini ortaya koymuştur. Dijital olgunluk, işletmenin ikiz dönüşüm iddialarını destekleyen bir "etik fren" vazifesi gördüğünde anlam kazanmaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, işletmelerin ikiz dönüşüm sürecinde dijital araçları sürdürülebilirlik iddiaları için birer "dijital vitrin" olarak kullanırken yarattıkları yeşil illüzyonu ve bu süreçte dijital olgunluğun rolünü kuramsal bir çerçevede incelemiştir. Elde edilen bulgular, dijitalleşme ve yeşil dönüşümün eş zamanlı yönetiminin sadece teknik bir başarı değil, aynı zamanda derin bir etik sorumluluk gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Literatür sentezi sonucunda, Westerman vd. (2014) tarafından vurgulanan dijital transformasyon yetkinliğinin, eğer şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleriyle birleşmezse, işletmelerin daha sofistike yeşil aklama taktikleri geliştirmesine zemin hazırlayabileceği tartışılmaktadır. İkiz dönüşümün dijital ayağı, işletmelere büyük veri ve gerçek zamanlı izleme imkanları sunarken; bu gücün Lyon ve Montgomery (2015) tarafından tanımlanan seçici bilgi paylaşımı amacıyla kullanılması, paydaşlar nezdinde güven erozyonuna neden olmaktadır.

Vollero vd. (2019) ve Montecchia vd. (2016) çalışmalarının ışığında, dijital platformların sunduğu hızın ve etkileşimin, işletmeleri gerçek bir sürdürülebilirlik dönüşümü yerine yüzeysel bir "yeşil illüzyon" kurgusuna itebildiği görülmektedir. Ancak Muench vd. (2022) tarafından çerçevesi çizilen yeşil ve dijital gelecek vizyonu, dijital olgunluğun bir "etik fren" vazifesi görmesi durumunda bu illüzyonun aşılabileceğini göstermektedir.

Dijital olgunluk, yeşil aklamanın hem bir aracı hem de panzehiri olabilen çift tarafı keskin bir kılıç niteliğindedir. İkiz dönüşümde başarı; dijital vitrinlerdeki imajın, arka plandaki operasyonel gerçeklikle (de Freitas Netto vd., 2020) tam uyumlu olmasına bağlıdır. İşletme yöneticileri, dijitalleşme yatırımlarını sadece pazarlama odaklı birer vitrin süslemesi olarak değil, kurumsal şeffaflığı ve veri dürüstlüğünü sağlayacak yapısal birer denetim mekanizması olarak kurgulamalıdır.

Bu çalışma, sınırlı literatür taramasına dayanmakla birlikte, gelecekte yapılacak ampirik araştırmalar için "Dijital Vitrin" ve "Yeşil İllüzyon" kavramları üzerinden yeni bir perspektif sunmaktadır.

Kaynakça

De Freitas Netto, S. V., Sobral, M. F. F., Ribeiro, A. R. B., & Soares, G. R. D. L. (2020).“Concepts and forms of greenwashing: a systematic review”. *Environmental Sciences Europe, 32(1), 1-12.*

Lyon, T. P., & Montgomery, A. W. (2015). “The means and end of greenwash”.*Organization & Environment*, 28(2), 223-249.

Montecchia, L., Giordano, F., & Grieco, C. (2016). “Communicating CSR: lines of excellence and greenwashing”. *Journal of Business Ethics*, 139, 425-449

Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Kasanko, M., Haegeman, K., & Scapolo, F. (2022).Towards a green and digital future. European Commission, Joint Research Centre.

Vollero, A., Palazzo, M., Siano, A., & Elving, W. J. (2019). Avoidance of greenwashing and fake news: The role of CSR and digital platforms. Corporate Communications.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading digital: Turning technology into business transformation. Harvard Business Press.

YABANCI DİL OLARAK RUSÇA ÖĞRETİM SÜRECİNDE ETKİLEŞİMLİ TEKNOLOJİLER

INTERACTIVE TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE

Radik GALIULLIN[1]

Özet

Makalede, etkileşimli çevrimiçi hizmetlerin ve mobil uygulamaların yabancı dil olarak Rusça öğretim sürecine entegrasyon olanağı ele alınmaktadır. Yabancı uyruklu öğrencilerle çalışma sürecinde uygulanabilecek kaynakların kısa bir değerlendirmesi sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Entegrasyon, eğitim süreci, etkileşimli teknolojiler, bilgi teknolojileri, yabancı dil olarak Rusça.

[1] Naberezhnye Chelny Devlet Pedagoji Üniversitesi, r.galiullin@mail.ru

Abstract

The article examines the possibility of integrating interactive online services and mobile applications into the process of teaching Russian as a foreign language. A brief overview of resources that can be used in the process of working with foreign students is presented.

Keywords: Integration, educational process, interactive technologies, information technologies, Russian as a foreign language.

Her yıl yüz binlerce yabancı uyruklu kişi, nitelikli yükseköğrenim görmek üzere Rusya'ya gelmektedir. Bu öğrencilerin büyük bir kısmı, hazırlık fakülteleri ve bölümlerinde ön eğitim alarak Rusça eğitim görmektedir. Yabancı dil olarak Rusça öğrenenlerin sayısı her yıl artmaktadır [5]. Yani, yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğretimi, modern dil bilimi ve öğretim yöntembiliminin önemli alanlarından birini oluşturmaktadır.

Yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğretimi, daha iyi sonuçlara ulaşmak için sürekli yeni teknolojiler, yöntemler ve öğretim biçimleri arayışıyla ilişkilidir. Bu aynı zamanda etkileşimli biçimlere ve her türlü iletişimsel etkileşim biçimine yönelik modern gereksinimler ve eğitim sürecinin dinamiği tarafından belirlenmektedir [2].

Yeni metodolojilerin ve teknolojilerin eğitim sürecine dâhil edilmesi, öğretme ve öğrenmenin özgün yapısını değiştirmektedir. Son zamanlarda çoklu ortam (multimedya) teknolojilerinin öğrenme sürecine entegrasyonu yaygınlaşmaktadır. Araştırmacılar, çoklu ortamın eğitim sürecini iyileştirmede dinamik ve çok yönlü bir yaklaşım hâline geldiğini belirtmektedir [8, s. 83]. Bu değişiklikler yabancı dil olarak Rusça'yı da etkilemiştir.

Öğrencilerin dilbilimsel yeterliliğini artırmak için sıklıkla geleneksel (üreme odaklı) dil öğretim yöntemleri – ders kitaplarının kullanımı, ders anlatımları, alıştırma çalışmaları – başvurulmaktadır. Ancak bu yöntemlerin çağdaş çoklu ortam (multimedya) ve etkileşimli teknolojiler, çevrimiçi hizmetlerle birlikte etkililiği çok daha yüksek olmaktadır. Pedagoglar, yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğreticileri de dâhil olmak üzere, dijital çağın kaynaklarını ve eğilimlerini kullanan pedagojik paradigmanın değiştirilmesi gerekliliğinin farkındadır. Bu değişim, aktif katılımı, iş birliğini ve anlamlı deneyim yoluyla bilgi yapılandırmasını vurgulayan yapılandırmacı öğrenme teorileriyle uyumludur [9, s. 25].

Öğreticiler, öğretim yöntemlerini çağdaş dijital alana uyarlama zorunluluğu gibi ciddi bir sorunla karşı karşıyadır. Günümüz öğrencileri, bilgiyi çeşitli çoklu ortam (multimedya) kanalları aracılığıyla edinmeye alışkındır: video, etkileşimli uygulamalar, sanal gerçeklik. Çağdaş teknolojiler ile geleneksel öğrenme modeli arasındaki uçurum şu soruyu gündeme getirmektedir: Dillerin verimli bir şekilde öğrenilmesi için bu yönelimler nasıl birleştirilebilir? Çoklu ortamın (multimedya) yabancı dil öğretimine entegrasyonunun potansiyelinin anlaşılması, modern eğitim sürecinde belirleyici bir öneme sahiptir [8, s. 85]. Yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğreticileri, en iyi uygulamaları tespit ederek dil yeterliliklerinin gelişimini destekleyen dinamik bir öğrenme ortamı oluşturmak amacıyla çoklu ortam ve çevrimiçi hizmetlerden yararlanabilirler. Kanaatimizce, bu durum yabancı uyruklu öğrencilerle çalışma açısından iki kat önem taşımaktadır.

Dil ortamının sınırlı olduğu veya tamamen bulunmadığı koşullarda, etkileşimli hizmetlerin kullanımı öğrencilerin bilişsel yeteneklerinin gelişmesine de katkıda bulunabilir. Önerilen materyal, şüphesiz ki yurt dışında yabancı dil olarak Rusça öğretmenlerinin metodik yeterliliğinin gelişimine yardımcı olacaktır.

Dil öğretim yöntemleri durağan olmayıp gramer-çeviri yönteminden işitsel-dilsel ve iletişimsel öğretime doğru gelişim göstermektedir [8, s. 85]. Her yöntemin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Görsel, işitsel ve etkileşimli unsurları bir araya getirme yetenekleri sayesinde çoklu ortam (multimedya) araçları dil öğretiminin biçimini değiştirmiştir. Çoklu ortamın dil öğretiminde kullanımı, diyafilmlerin ve ses kayıtlarının ortaya çıktığı ve bunların giderek günümüzün dijital platformlarına ve sanal gerçeklik ortamlarına dönüştüğü 20. yüzyılın ortalarına kadar uzanmaktadır.

Bazı pedagojik teoriler, dil öğretiminde çoklu ortamın (multimedya) önemini vurgulamaktadır. Yapılandırmacı teoriler, özellikle L. S. Vygotsky'nin sosyokültürel teorisi, sosyal etkileşimlere ve otantik öğrenme bağlamlarına vurgu yapmaktadır [9]. Bilişsel yük teorisi ise çoklu ortamın, bilgiyi farklı modalitelerde sunarak bilişsel yükü yönetme yeteneğini vurgulamakta, böylece bilginin anlaşılmasını ve hatırlanmasını geliştirmektedir.

Çoklu ortamın (multimedya) entegrasyonu, görsel, işitsel ve etkileşimli unsurların birleşimiyle çok sayıda bilişsel, dilbilimsel ve sosyokültürel avantaj sağlamaktadır [8, s. 86]. Bu, öğrencileri otantik kültürel bağlamlarla tanıştırarak kültürlerarası yeterliliğin gelişimine katkıda bulunur.

Dil öğreticileri için ampirik sonuçlar önemli pedagojik anlamlar taşımaktadır. Öğrencilerin artan katılım ve motivasyon düzeyi, çoklu ortamın, dijital teknolojilerin taşıyıcısı konumundaki öğrencilerin tercihlerine uyum sağlama sorununu çözebileceğini göstermektedir.

Öğreticiler, farklı dil yeterliliklerine uygun çoklu ortam (multimedya) araçlarını dâhil ederek ilgi çekici ve etkileşimli bir öğrenme ortamı oluşturabilirler. Araştırmacılar, çoklu ortamın dil edinimini iyileştirme potansiyeline dikkat çekmektedir [6; 7]. Öğreticiler, farklı öğrenme stillerine hitap eden çoklu ortam materyalleri geliştirerek bundan fayda sağlayabilirler.

Bilgisayar teknolojilerinin eğitim alanına dâhil edildiği andan itibaren, bunlar dil öğrenimi alanında da uygulama bulmuştur. Bilgisayarın ve etkileşimli çoklu ortam (multimedya) teknolojilerinin kullanımı, dil öğrenimi teknolojisinin temelini oluşturabilir; zira bu teknolojiler işitsel-görsel olanakları bütünleştirmekte ve bilgi depolamaya imkân tanımaktadır.

Öğrenci kontrolü, anlık geri bildirim ve otantik materyallerin kullanımı gibi işlevler sayesinde bilgisayar destekli etkileşimli öğrenme, öğrencilere dil yeterliliklerinin geliştirilmesine yönelik araştırma ve problem çözme ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir ortam sunmaktadır.

Bilgi teknolojilerinin uygulanmasıyla öğrencilerin ilgisi artmaktadır [7, s. 16]. Araştırmacılar ayrıca dil öğrenenlerin, iletişim pratiğinde kullanılan dil yeterliliklerini geliştirmek için bilgisayar uygulamalarında mevcut olan işitsel-görsel ve metinsel kaynaklardan faydalanabileceğini belirtmektedir [6, s. 24]. Çoklu ortam (multimedya) teknolojileri, öğrencilerin Rusça yazılı ve sözlü becerilerini geliştirmelerine yardımcı olabilir. Öğrencilerin bu yaklaşımda öğrenmeye yaratıcı bir tutum sergilemeleri nedeniyle, öğrenci katılımı katlanarak artabilir.

Bu durum, yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğretimine yönelik pratik faaliyetlerde doğrulanmaktadır. Federe Devlet Bütçeli Yükseköğretim Kurumu “Naberezhnye Chelny Devlet Pedagoji Üniversitesi” (NCDPÜ) Hazırlık Bölümü’ndeki öğrencilerin büyük bir kısmı, sözde “Z kuşağı” (2000 yılından sonra doğan ve küçük yaşlardan itibaren dijital teknolojilerle etkileşim hâlinde olan bireyler) mensubudur. Bu öğrenciler, bilgiyi küçük dozlar hâlinde işleyebilmekte, kısmen öz öğrenime yatkın olmakta, daha düşük dikkat konsantrasyonuyla yeni bilgiyi hızlı bir şekilde kavrayabilmektedirler.

Eğitim sürecinin duygusal bileşeni oldukça önemlidir; günümüz eğitim sürecinde, özellikle de yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğrenen yabancı uyruklu öğrencilerin eğitiminde bu daha da belirgin hâle gelmektedir. Elektronik kaynakların öğretime dâhil edilmesi, eğitimin kalitesi üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır. Derslerde oyun biçimlerinin (oyunlaştırma/gamification) uygulanması, derslerin duygusal bileşenini etkilemektedir [4]. Oyunlaştırma, öğrenme sürecinin yoğunluğunu artırmakta, dil yeterliliklerinin rahat bir ortamda pekiştirilmesine ve uygulanmasına yardımcı olmakta ve derslere eğlence unsuru katmaktadır. Özellikle YDOR öğretimi, Arapça konuşan öğrencilerin bir dizi ulusal psikolojik ve kültürel özelliğini ortaya çıkarmıştır: arkadaş canlısı olma, duygusallık, mizah anlayışı, resmî olmayan ortamda ders yapma sevgisi vb. [1]. Bu tür öğrenciler, oyunlaştırma unsurları içeren etkileşimli teknolojilerin kullanıldığı dersleri özellikle çok sevmektedir. Kuşkusuz çevrimiçi hizmetler ve uygulamalar hem Rus hem de yabancı uyruklu öğrenciler tarafından kullanılmaktadır.

Çevrimiçi hizmetlerin ve cep telefonu uygulamalarının yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğretiminde kullanımının, öğrencilerin çalışmaları hakkında anında geri bildirim almaları nedeniyle onların motivasyonunu artırdığı belirtilmelidir. Bu araçlarla yapılan çalışmalar, öğrencilerin Rusça’yı daha hızlı öğrenmelerine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, bu tür bir çalışmanın hazırlık bölümü öğrencilerine Rusça olarak “öğrenmeyi öğrenmeyi”, buna İnternet’te Rusça bilgi arama becerisi de dâhil olmak üzere, kazandıracağı ifade edilmelidir. Bu bağlamda, yalnızca Rusça öğretmekle kalmayıp aynı zamanda Rusça arayüze sahip olan çevrimiçi hizmetler ve mobil uygulamalar önemli bir destek aracıdır [3].

Popüler çevrimiçi hizmetler ve etkileşimli öğrenme araçları arasında hem ücretsiz hem de ücretli olanlar bulunmaktadır. Yabancı dil olarak Rusça (YDOR) derslerinde kullanılan bazıları üzerinde durmak istiyoruz.

"LearningApps" (web site https://learningapps.org)) – İsviçreli uzmanlar tarafından geliştirilmiş, tamamen ücretsiz bir çevrimiçi hizmettir. Bu hizmet aracılığıyla yabancı dil olarak Rusça (YDOR) alanında bilgiyi kontrol etmek ve pekiştirmek için etkileşimli alıştırmalar bağımsız olarak oluşturulabilmektedir. Öğreticiler, sitede bulunan 21 şablondan birini seçebilir veya kendi alıştırmalarını hazırlayabilir. Bu alıştırmaların yapılması, hem ders sırasında hem de ev ödevi olarak düzenlenebilir. Bununla birlikte, alıştırmaların tamamlanmış öğrenme birimleri olmadığı ve eğitim sürecine entegre edilmesi gerektiği dikkate alınmalıdır. Uygulamanın bir diğer avantajı, platformda çok sayıda hazır alıştırmanın bulunması ve ayrıca "YDOR" başlıklı ayrı bir bölümün olmasıdır. Derslerin yürütülmesi sırasında öğretici, hem etkileşimli alıştırmayı kendisi hazırlayabilir hem de siteden hâlihazırda hazır çalışmaları seçebilir.

"Wordwall" (web sitesi: https://wordwall.net) – çok çeşitli işlevlere sahip bir çevrimiçi hizmettir; bu hizmette çevrimiçi araçlar kullanılarak hem etkileşimli hem de basılı materyaller (ücretli sürümde) oluşturulabilmektedir. Çalışma prensibi LearningApps ile hemen hemen aynıdır.

Bu hizmette ayrıca farklı topluluklar bulunmaktadır. Bunlardan biri Yabancı Dil Olarak Rusça (YDOR) topluluğudur; burada öğretici, dinleyicilerle birlikte işlenen konuyu pekiştirmek için uygun etkileşimli alıştırmayı seçebilir. Belirtilmelidir ki bu hizmet de dinleyicilerin YDOR öğrenimi için bağımsız bir platform olmayıp, yalnızca eğitim sürecine ve derslere entegre edilmek üzere ek bir materyal niteliği taşımaktadır.

"Vznaniya" (web sitesi: https://vznaniya.ru) – Rusya'da geliştirilmiş ve "yaptırımlara karşı korumalı" bir eğitim ekosistemidir. Platformda grupla çalışma düzenleme imkânı bulunmaktadır. Ücretsiz sürümde eğitimci yalnızca 5 şablon oluşturabilir ve yalnızca bir grup oluşturabilir. Platformun avantajı, mobil uygulama üzerinden çalışabilme imkânıdır; yani eğitimci tarafından geliştirilen alıştırmalar gruba gönderilebilir ve öğrenciler bunları kendi mobil cihazlarında bağımsız olarak tamamlayabilir. Yukarıda belirtilen hizmetlerde olduğu gibi, "Vznaniya" platformunda da eğitimciler hazır etkileşimli dersleri kullanabilir; ancak ne yazık ki veri tabanında yabancı dil olarak Rusça (YDOR) ile ilgili görevler neredeyse hiç bulunmamaktadır.

«Взнания» (сайт: https://vznaniya.ru) – это образовательная экосистема, которая была разработана в России и «защищена от санкций». На платформе есть возможность организовать работу с группой. В бесплатной версии педагог может создать лишь 5 шаблонов, создать лишь одну группу. Достоинством платформы является возможность работы в мобильном приложении, то есть упражнения, разработанные педагогом, могут быть отправлены в группу, а слушатели самостоятельно могут их выполнить на своих мобильных устройствах. Как и в вышеперечисленных сервисах, на платформе «Взнания» педагоги могут воспользоваться готовыми интерактивными занятиями, однако, к сожалению, в базе практически отсутствуют задания, связанные с РКИ.

Öğretmenler arasında popüler olan bir diğer platform ise oyun tabanlı öğrenme platformu "Kahoot"tur (web sitesi: https://kahoot.com). Diğer tüm oyun ve etkileşimli platformlar gibi Kahoot da öğrencilerin kelime dağarcığını sınamak, anketler oluşturmak, standart bir test yerine bilgiyi yoklamak için ilgi çekici bir test düzenlemek amacıyla kullanılabilir. Hazırlık bölümü öğrencileri bu platformdaki görevleri yapmaktan oldukça hoşlanmaktadır. Ayrıca oyunun görsel efektleri çok canlıdır ve derslerde olumlu bir atmosfer yaratmaktadır.

Platformda iki mod bulunmaktadır. Bunlardan biri öğreticilere yöneliktir – testler oluşturmak ve bunları yönetmek için kahoot.com kullanılır. Diğer mod ise oyuna kahoot.it sitesi üzerinden katılan öğrenciler içindir. Öğrenciler için oyun ayrıca bir uygulama olarak da mevcuttur. Derslerde her öğrenci kendi akıllı telefonu aracılığıyla bir bilgi yarışmasına (teste) katılabilir ve sonucu anında alabilir.

Bu şekilde, derslerin düzenlenmesi, sözcük dağarcığının tekrarı, dil becerilerinin pekiştirilmesi için çok sayıda farklı şablonun varlığı, bunların eğitim sürecine entegre edilebilmesi, Wordwall, LearningApps, Kahoot gibi çevrimiçi hizmetlerin kullanımı ve yabancı dil olarak Rusça (YDOR) öğrenimi için mobil uygulamaların dahil edilmesi, dersin yapısına büyük bir çeşitlilik katmaktadır. Bu platform ve hizmetler sayesinde, özellikle Arap ülkelerinden gelen öğrenciler olmak üzere YDOR öğrenenlerde derse yönelik motivasyon artmakta ve bu da eğitim faaliyetinin sonucunu olumlu yönde etkilemektedir.

Литература

Бражник Л. М. Этноориентированные приемы обучения русскому языку как иностранному арабоговорящих обучающихся / Л. М. Бражник, Л. М Галиев, Р. Р. Галиуллин, А. М. Тарасов, Л. Р. Шакирова // Вестник педагогических инноваций. – № 2(70). – 2023. – С. 113–123.

Бражник Л. М. Коммуникативная направленность обучения русскому языку как иностранному слушателей подготовительного отделения / Л. М. Бражник, Р. Р. Галиуллин, К. А. Калинин // Довузовская подготовка иностранных граждан: проблемы и перспективы. – Казань: КФУ, 2021. – С. 22–25.

Гайдукова О. В. Работа в социальных сетях как способ повышения мотивации к изучению русского языка иностранных слушателей подготовительного факультета / О. В. Гайдукова // Актуальные вопросы описания и преподавания русского языка как иностранного/неродного. – М.: ГИРЯ им. А. С. Пушкина, 2018. – С. 339–344.

Кузнецова А. В. Дидактические возможности интерактивных игровых онлайн сервисов в преподавании русского языка как иностранного / А. В. Кузнецова // Молодые голоса. –Екатеринбург: Ажур, 2021. – С. 62–65.

Павлова А. Иностранцев в российских вузах становится больше / А. Павлова // Российская газета. – URL: https://rg.ru/2023/06/07/s-miru-po-shkoliaru.html (дата обращения 14.01.2024).

Chanier T. Learning a second language for specific purposes within a hypermedia framework. / T. Chanier. – Computer Assisted Language Learning, 1996. – Pp. 3–43.

Chung J. Collaborative learning strategies: The design of instructional environments for the emerging new school. / J. Chung // Educational Technology, 1991. – Pp. 15–21.

Suman C. The Effective Integration of Multimedia in Foreign Language Teaching / C. Suman // Analysis: A Peer Review Research Journal of Language and Human Development. Volume 1. – 2023. – Pp. 83–93.

Vygotsky L. S. Mind in society: The development of higher psychological processes/ L. S. Vygotsky. – London: Harvard univ. press, 1978. – XI. – 159 p1

KÜRESEL ELEKTROMOBİLİTE DÖNÜŞÜMÜNÜ YENİDEN DÜŞÜNMEK: YEŞİL DÖNÜŞÜM, YEŞİL AKLAMA VE KAYNAKTAN TEKERLEĞE YAŞAM DÖNGÜSÜ YAKLAŞIMI

RETHINKING THE GLOBAL ELECTROMOBILITY TRANSITION: GREEN TRANSFORMATION, GREENWASHING, AND THE SOURCE-TO-WHEEL LIFE CYCLE APPROACH

Esengül DANIŞAN[1]

Özet

Küresel ölçekte hız kazanan elektrikli araç dönüşümü, iklim değişikliğiyle mücadele, enerji güvenliği ve düşük karbonlu kalkınma hedefleri doğrultusunda yeşil dönüşüm politikalarının temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Elektrikli araçların yaygınlaşması yalnızca ulaşım sistemlerinde teknolojik bir değişim yaratmamakta; aynı zamanda üretim ağlarının yeniden örgütlenmesine, yeni sanayi merkezlerinin oluşmasına ve küresel ekonomik ilişkilerin yeniden şekillenmesine yol açmaktadır. Tayland, Endonezya ve Brezilya gibi yükselen üretim merkezleri ile Avrupa'daki batarya yatırımları bu dönüşümün aynı zamanda ekonomik, çevresel ve mekânsal bir yeniden yapılanma süreci olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte elektrikli araçların çevresel üstünlüğü giderek daha fazla tartışılmaktadır. Batarya üretiminde yüksek enerji ve su tüketimi, kritik minerallere bağımlılık, kimyasal kullanım ve arazi dönüşümü gibi süreçler önemli çevresel maliyetler yaratabilmektedir. Ayrıca üretimin küresel ölçekte parçalanmış yapısı, çevresel yüklerin ve toplumsal maliyetlerin farklı bölgelere aktarılmasına neden olabilmektedir.

Bu çalışma, elektrikli araçların çevresel performansını yalnızca kullanım aşamasındaki emisyon azaltımı üzerinden değerlendiren yaklaşımların ötesine geçerek kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımını benimsemektedir. Bu kapsamda kaynak çıkarımı, mineral tedariki, batarya üretimi, enerji kullanımı, araçların kullanım süreci ve geri dönüşüm aşamaları birlikte ele alınmaktadır. Aynı zamanda elektromobilite yatırımları, sürdürülebilirlik söylemleri ile ortaya çıkan çevresel ve toplumsal etkiler arasındaki ilişkiyi görünür kılan yeşil aklama yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Çalışmanın amacı, küresel elektromobilite yatırımlarını sürdürülebilirlik, yeşil dönüşüm ve bölgesel kalkınma perspektifinden inceleyerek düşük karbon hedefleri ile yerel çevresel ve toplumsal maliyetler arasındaki gerilimleri ortaya koymaktır. Araştırmada seçilen ülkelere ilişkin kurumsal raporlar, akademik yayınlar ve ikincil kaynaklar doküman analizi yöntemiyle incelenmiş; bulgular karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Elektrikli araçlar (EA); yeşil dönüşüm; yeşil aklama; kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımı; bölgesel kalkınma; sürdürülebilirlik*

[1] esenguldanisan@gmail.com

Abstract

The rapid expansion of electric vehicle (EV) adoption has emerged as one of the key components of green transition policies in line with climate change mitigation, energy security, and low-carbon development goals. The widespread diffusion of electric vehicles not only transforms transportation systems technologically but also leads to the reorganization of production networks, the emergence of new industrial regions, and the restructuring of global economic relations. Emerging production hubs such as Thailand, Indonesia, and Brazil, together with battery investments across Europe, demonstrate that this transformation represents not only a technological shift but also an economic, environmental, and spatial restructuring process.

However, the environmental superiority of electric vehicles has increasingly become a subject of debate. Battery production involves significant environmental costs, including intensive energy and water consumption, dependency on critical minerals, chemical use, and land-use change. Moreover, the fragmented structure of global production networks may shift environmental burdens and social costs across different regions.

This study moves beyond approaches that evaluate the environmental performance of electric vehicles solely through emission reductions during the use phase and adopts a source-to-wheel life cycle approach. Within this framework, resource extraction, critical mineral supply, battery production, energy consumption, vehicle use, and end-of-life recycling processes are considered together. In addition, electromobility investments are examined through the perspective of greenwashing in order to reveal the tensions between sustainability narratives and the environmental and social outcomes generated by production processes.

The study aims to examine global electromobility investments from the perspectives of sustainability, green transition, and regional development, and to analyze the tensions between low-carbon objectives and local environmental and social costs. Institutional reports, academic studies, and secondary sources related to selected country cases were analyzed through document analysis and comparatively evaluated.

Keywords: *Electric vehicles (EVs); green transformation; greenwashing; source-to-wheel life cycle approach; regional development; sustainability*

1. Giriş

İklim değişikliğiyle mücadele, enerji güvenliği ve karbon emisyonlarının azaltılması hedefleri son yıllarda ekonomik dönüşüm politikalarının merkezine yerleşmiştir. Bu süreçte ulaşım sektörü, küresel enerji tüketimi ve emisyonlar içindeki payı nedeniyle dönüşümün öncelikli alanlarından biri hâline gelmiş; elektrikli araçlar ise düşük karbonlu kalkınmanın temel araçlarından biri olarak öne çıkmıştır (Ye, 2025).

Devlet teşvikleri, sanayi politikaları ve özel sektör yatırımları sonucunda elektromobilite yalnızca ulaşım sistemlerini değil; üretim yapıları, enerji altyapıları ve küresel yatırım ağlarını da dönüştürmektedir. Özellikle büyük elektrikli araç ve batarya üreticilerinin yatırımları, yeni üretim merkezlerinin ortaya çıkmasına ve küresel üretim ilişkilerinin yeniden örgütlenmesine yol açmaktadır (Maheswari & Rasyidah, 2025).

Ancak elektrikli araçların çevresel açıdan daha sürdürülebilir olduğu yönündeki yaklaşım giderek daha fazla sorgulanmaktadır. Çünkü dönüşüm yalnızca araç kullanımındaki emisyon azaltımı üzerinden değerlendirildiğinde, kritik mineral çıkarımı, batarya üretimi, enerji kullanımı, arazi dönüşümü ve atık yönetimi gibi süreçlerde ortaya çıkan çevresel ve toplumsal etkiler görünmez hâle gelebilmektedir.

Bu noktada çalışma iki temel kuramsal çerçeveye dayanmaktadır. İlki, çevresel performansı tüm üretim ve tüketim zinciri boyunca değerlendiren kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımıdır. Bu yaklaşım; kaynak çıkarımı, üretim, enerji kullanımı, kullanım süreci ve geri dönüşüm aşamalarını birlikte ele alarak çevresel maliyetlerin farklı coğrafyalara nasıl dağıldığını ortaya koymaktadır. İkincisi ise sürdürülebilirlik söylemleri ile üretim süreçlerinin gerçek etkileri arasındaki gerilimleri görünür kılan yeşil aklama yaklaşımıdır.

Bu çalışma, küresel elektromobilite yatırımlarını sürdürülebilirlik, yeşil dönüşüm ve bölgesel kalkınma perspektifinden incelemektedir. Amaç, düşük karbon hedefleri ile yerel çevresel ve toplumsal maliyetler arasındaki ilişkileri analiz etmek ve elektromobilite dönüşümünün sınırlarını yaşam döngüsü temelli bir yaklaşımla tartışmaktır.

2. Yeşil Dönüşümün Sınırları: Elektromobilite, Yeşil Aklama ve Kaynaktan Tekerleğe Yaşam Döngüsü Yaklaşımı

Elektrikli araçlar son yıllarda iklim değişikliğiyle mücadele, ulaşım sektörünün karbonsuzlaştırılması ve düşük karbonlu kalkınma politikalarının temel araçlarından biri olarak öne çıkmıştır. Devlet teşvikleri, sanayi politikaları ve özel sektör yatırımlarıyla desteklenen elektromobilite dönüşümü; yalnızca ulaşım sistemlerini değil, aynı zamanda üretim ağlarını, enerji altyapılarını ve küresel değer zincirlerini de yeniden şekillendirmektedir (European Parliament and Council, 2023). Bu nedenle elektrikli araçlar çoğu zaman çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyümeyi birlikte sağlayabilecek bir yeşil dönüşüm modeli olarak sunulmaktadır.

Bununla birlikte elektromobilitenin çevresel performansı çoğu zaman yalnızca kullanım aşamasındaki doğrudan emisyonların ortadan kalkması üzerinden değerlendirilmektedir. Oysa elektrikli araçların üretimi; kritik mineral çıkarımı, batarya üretimi, enerji tüketimi, lojistik süreçleri, kullanım ömrü ve geri dönüşüm gibi birbirine bağlı aşamalardan oluşmaktadır. Bu durum, çevresel etkinin araç kullanımından çok daha geniş bir üretim–tüketim zinciri içerisinde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bu bağlamda kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımı (source-to-wheel life cycle approach), elektrikli araçların çevresel performansını yalnızca kullanım aşaması üzerinden değil; kaynak çıkarımı, enerji üretimi, batarya üretimi, araç üretimi, kullanım süreci ve kullanım sonrası geri dönüşüm aşamalarının tamamı üzerinden değerlendirmektedir (Rohmatia & Diandra, 2026). Bu yaklaşım, düşük egzoz emisyonunun otomatik olarak düşük çevresel etki anlamına gelmediğini; çevresel yüklerin üretim zinciri boyunca farklı coğrafyalara aktarılabileceğini göstermektedir.

Özellikle batarya üretimi bu tartışmanın merkezinde yer almaktadır. Batarya hücrelerinin üretiminde kullanılan enerji yoğun süreçler ile kimyasal girdiler önemli çevresel baskılar yaratmaktadır. Avrupa'daki büyük ölçekli batarya yatırımlarına ilişkin çalışmalar, üretim süreçlerinin yüksek enerji ve su talebi oluşturduğunu; bunun enerji sistemleri, doğal kaynak kullanımı ve atık yönetimi üzerinde yeni baskılar yarattığını göstermektedir (Meunier & Sala, 2025; Racu & Poliscanova, 2024). Benzer biçimde kritik minerallere dayalı üretim zincirlerinin genişlemesi, madencilik faaliyetleri ve arazi dönüşümü yoluyla çevresel etkilerin üretim bölgelerinde yoğunlaşmasına neden olabilmektedir.

Bu noktada elektromobilite dönüşümünün eleştirel biçimde değerlendirilmesini sağlayan kavramlardan biri yeşil aklama (greenwashing) yaklaşımıdır. Yeşil aklama, şirketlerin veya yatırımların çevresel performanslarını olduğundan daha sürdürülebilir göstermesine işaret etmektedir. Elektromobilite bağlamında bu durum; araç kullanımındaki düşük emisyonların öne çıkarılması, ancak üretim süreçlerinde ortaya çıkan enerji tüketimi, kaynak kullanımı, çevresel bozulma ve toplumsal etkilerin görünmez bırakılması biçiminde ortaya çıkabilmektedir (Rohmatia & Diandra, 2026).

Dolayısıyla elektromobilite dönüşümü çevresel etkilerin ortadan kalktığı bir modelden ziyade, bu etkilerin küresel üretim ağları boyunca yeniden dağıtıldığı bir dönüşüm biçimi olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle elektrikli araç yatırımlarının sürdürülebilirliği yalnızca nihai ürün üzerinden değil; yaşam döngüsünün tüm aşamalarında ortaya çıkan çevresel, ekonomik ve toplumsal etkilerin birlikte değerlendirilmesiyle analiz edilmelidir. Böyle bir yaklaşım, yeşil dönüşüm söylemi ile dönüşümün gerçek sonuçları arasındaki gerilimleri görünür kılmak açısından önem taşımaktadır.

3.Küresel Elektromobilite Yatırımlarının Mekânsal Yeniden Yapılanması: Ülke Deneyimleri ve Karşılaştırmalı Değerlendirme

3.1. Tayland: Teşvik Temelli Büyüme, Yönetişim ve Yerel Sanayinin Dönüşümü

Küresel elektromobilite dönüşümünün yeniden mekânsallaşmasında Tayland son yıllarda öne çıkan üretim merkezlerinden biri hâline gelmiştir. Güçlü otomotiv altyapısı, yatırım teşvikleri ve bölgesel üretim kapasitesi sayesinde ülke elektrikli araç yatırımlarını çekmeyi başarmıştır (KPMG, 2025). Özellikle EV 3.0 ve EV 3.5 programları kapsamında uygulanan teşvikler, yerel üretim koşullarıyla birlikte Tayland'ın bölgesel üretim merkezi olarak konumlanmasını desteklemiştir (Ye, 2025).

Bununla birlikte yatırım çekme başarısı, yerel kalkınmanın otomatik olarak gerçekleştiği anlamına gelmemektedir. Elektrikli araç yatırımları çoğu zaman teknoloji transferi ve sanayi dönüşümü söylemleriyle sunulsa da üretim ağlarının önemli bölümü küresel üreticilerin kontrolünde kalmakta; yerel tedarikçilerin değer zincirine entegrasyonu sınırlı düzeyde gerçekleşebilmektedir (Ye, 2025). Böylece üretim coğrafi olarak yayılırken yüksek katma değerli faaliyetler büyük ölçüde küresel merkezlerde yoğunlaşmaya devam etmektedir.

Tayland örneği aynı zamanda kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımının önemini göstermektedir. Elektrikli araçların çevresel etkileri yalnızca kullanım aşamasındaki emisyonlarla değil; batarya üretimi, enerji kaynağı ve kullanım sonrası süreçlerle birlikte değerlendirilmelidir. Tayland'da elektrik üretiminde fosil yakıtların önemli payını koruması, elektromobilitenin toplam karbon azaltım potansiyelini sınırlandırmaktadır (Ye, 2025). Bunun yanında kullanım ömrünü tamamlayan bataryalara ilişkin geri dönüşüm ve atık yönetimi altyapısının henüz sınırlı olması, dönüşümün çevresel sürdürülebilirliği açısından önemli bir risk oluşturmaktadır.

Yeşil aklama tartışmaları da bu noktada görünür hâle gelmektedir. Elektrikli araç üretimi sürdürülebilir kalkınma ve temiz teknoloji söylemleriyle desteklenirken, üretim süreçlerinin enerji kullanımı, atık oluşumu ve çevresel etkilerine ilişkin şeffaf veri paylaşımının sınırlı kaldığı görülmektedir (Ye, 2025). Bu nedenle Tayland deneyimi, elektromobilite yatırımlarının başarısının yalnızca yatırım miktarıyla değil; düzenleyici kapasite, yerel sanayi entegrasyonu ve yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan çevresel etkilerin yönetimiyle ilişkili olduğunu göstermektedir.

3.2. Endonezya: Kritik Mineraller, Aşağı Akım Sanayileşme ve Yeni Bağımlılık İlişkileri

Endonezya, küresel elektromobilite dönüşümünde özellikle nikel rezervleri nedeniyle stratejik bir konuma sahiptir. Ülke, ham mineral ihracatına dayalı ekonomik yapıdan uzaklaşarak işleme sanayisi, batarya üretimi ve elektrikli araç yatırımlarını ülke içinde geliştirmeyi hedefleyen aşağı akım sanayileşme stratejisini benimsemiştir (Gray ve Nguyen, 2025).

Bu strateji kapsamında elektrikli araç yatırımları ekonomik büyüme, sanayi kapasitesi ve küresel değer zincirlerinde daha yüksek katma değer elde etme aracı olarak görülmektedir (Huda, Bridle & Suharsono, 2025). Ancak yatırım hacmindeki büyüme, teknoloji transferi ve yerel kapasite gelişimini otomatik olarak sağlamamaktadır. Literatürde üretim süreçlerinin ve stratejik kararların önemli ölçüde dış aktörler tarafından şekillenmeye devam ettiği; bu durumun yeni bağımlılık ilişkileri oluşturabileceği vurgulanmaktadır (Juwita vd., 2020; Negara & Hidayat, 2021).

Endonezya örneği kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımının çevresel boyutunu da görünür kılmaktadır. Elektrikli araçların düşük emisyonlu nihai ürünler olması, üretim zincirinin diğer aşamalarındaki çevresel etkileri

ortadan kaldırmamaktadır. Özellikle nikel madenciliğinin genişlemesi; ormansızlaşma, su kirliliği, kıyı ekosistemlerinde bozulma ve yerel topluluklar üzerinde baskı gibi sonuçlar üretmektedir (Climate Rights International, 2024; Mongabay RE Energy & Basic Materials ASEAN, 2025).

Bu durum aynı zamanda yeşil aklama tartışmalarını da güçlendirmektedir. Düşük karbonlu ulaşım söylemi öne çıkarken, batarya üretiminin dayandığı madencilik faaliyetlerinin çevresel ve toplumsal maliyetleri çoğu zaman geri planda kalabilmektedir. Endonezya deneyimi bu nedenle elektromobilitenin yalnızca teknoloji dönüşümü değil; kaynak kullanımı, yönetişim ve çevresel adalet meselesi olarak da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

3.3. Avrupa'da Batarya Yatırımları: Sanayi Politikası, Stratejik Bağımlılık ve Çevresel Çelişkiler

Avrupa Birliği, ulaşım sektörünün karbonsuzlaştırılması hedefi doğrultusunda elektrikli araç ve batarya üretim kapasitesini artırmayı stratejik bir öncelik hâline getirmiştir (European Parliament and Council, 2023). Bu doğrultuda son yıllarda Avrupa genelinde büyük ölçekli batarya yatırımları hızla yaygınlaşmıştır (Meunier & Sala, 2025).

Ancak Avrupa deneyimi, elektromobilite dönüşümünün yalnızca üretim kapasitesi artışıyla açıklanamayacağını göstermektedir. Batarya üretiminin yüksek enerji talebi, yoğun su kullanımı ve kimyasal girdilere bağımlılığı çevresel tartışmaları beraberinde getirmiştir (Meunier & Sala, 2025).

Yeşil aklama tartışmaları özellikle bu noktada ortaya çıkmaktadır. Elektrikli araçların sıfır emisyonlu olarak sunulması çoğu zaman yalnızca kullanım aşamasına odaklanmakta; üretim sürecinde oluşan çevresel yükler görünmez kalabilmektedir. Bu durum dönüşümün gerçek çevresel performansının eksik değerlendirilmesine yol açmaktadır (Rohmatia & Diandra, 2026).

Kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımı açısından değerlendirildiğinde Avrupa'daki temel mesele, emisyonların ortadan kalkmasından çok üretim zinciri boyunca yeniden dağıtılmasıdır. Örneğin Macaristan'da planlanan batarya kapasitesinin ülkenin sanayi enerji tüketimi üzerinde ciddi baskı oluşturacağı öngörülmektedir (Racu & Poliscanova, 2024). Benzer şekilde büyük ölçekli gigafabrikalar arazi dönüşümü, su tüketimi ve atık yönetimi açısından yeni çevresel baskılar yaratmaktadır (Meunier & Sala, 2025).

Ekonomik açıdan ise üretim kapasitesindeki artışın otomatik olarak yerel teknoloji gelişimine dönüşmediği görülmektedir. Bazı bölgelerde üretim odaklı büyüme gerçekleşirken, Ar-Ge kapasitesi ve yerel bilgi üretimi sınırlı kalabilmektedir (Meunier & Sala, 2025).

Avrupa deneyimi genel olarak değerlendirildiğinde, elektromobilite dönüşümünün başarısının yalnızca elektrikli araç üretim miktarına değil; enerji sistemi, çevresel denetim, geri dönüşüm kapasitesi ve yerel kurumsal yapıların niteliğine bağlı olduğu görülmektedir.

3.4. Brezilya'da Elektromobilite Yatırımları: Yeşil Sanayileşme, Kaynak Kullanımı ve Yeni Bağımlılıklar

Brezilya son yıllarda elektromobilite yatırımları açısından öne çıkan yeni üretim merkezlerinden biri hâline gelmiştir. Geniş iç pazar, otomotiv altyapısı ve yatırım kapasitesi ülkeyi elektrikli araç üretimi açısından cazip hâle getirmiştir (Macau News, 2025; ThinkChina, 2025).

Ancak Brezilya örneği, düşük karbonlu sanayi söylemi ile üretim süreçlerinin çevresel etkileri arasındaki gerilimi görünür kılmaktadır. Yeşil aklama tartışmaları özellikle burada belirginleşmektedir. Elektrikli araçların temiz teknoloji olarak sunulmasına karşın, yatırım süreçleriyle birlikte artan sanayi alanları, enerji ihtiyacı ve doğal kaynak kullanımı yeni çevresel baskılar yaratabilmektedir (Atlantic Council, 2024).

Bu süreç özellikle Amazon havzası ve çevresindeki ekolojik sistemler açısından tartışılmaktadır. Elektromobilite yatırımları doğrudan ormansızlaşmanın nedeni olmasa da, sanayi genişlemesi, altyapı yatırımları ve kaynak talebindeki artış doğal alanlar üzerindeki ekonomik baskıyı artırabilmektedir. Aynı zamanda bazı bölgelerde yerel toplulukların arazi kullanımı ve ekonomik faaliyetleri dönüşüme uğrayabilmektedir.

Kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımı Brezilya örneğinde çevresel etkinin üretim zinciri boyunca yeniden dağıldığını göstermektedir. Araç kullanımında daha düşük emisyon sağlanırken; üretim için gerekli enerji, arazi kullanımı ve sanayi altyapısı yeni çevresel maliyetler üretebilmektedir (BYD Brasil, 2025).

Ekonomik açıdan yatırımlar yeni istihdam ve üretim kapasitesi yaratmaktadır; ancak bunun yerel teknoloji geliştirme kapasitesine dönüşmesi otomatik değildir. Uzun vadeli sürdürülebilir kazanımların ortaya çıkması için sanayi politikaları, yerel entegrasyon ve çevresel yönetişim mekanizmalarının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Dolayısıyla Brezilya deneyimi, elektromobilite dönüşümünün yalnızca temiz ulaşım teknolojileri üzerinden değil; çevresel adalet, kaynak kullanımı ve yaşam döngüsü boyunca oluşan etkiler üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

4.Tartışma

Bu çalışma, elektrikli araç yatırımlarının çoğu zaman yeşil dönüşüm, düşük karbonlu kalkınma ve sürdürülebilir sanayileşme söylemleriyle meşrulaştırıldığını; ancak bu dönüşümün çevresel, ekonomik ve toplumsal etkilerinin her zaman eşit biçimde dağılmadığını göstermektedir. İncelenen ülke örnekleri, elektromobilitenin yalnızca ulaşım teknolojilerindeki bir değişim değil; aynı zamanda üretim ilişkilerinin, yatırım coğrafyalarının ve kaynak kullanım biçimlerinin yeniden örgütlenmesi anlamına geldiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın temel bulgularından biri, elektrikli araçların çevresel performansının yalnızca kullanım aşamasındaki emisyon azaltımı üzerinden değerlendirilemeyeceğidir. Elektromobilite sisteminin çevresel etkileri; kritik mineral çıkarımı, batarya üretimi, enerji kullanımı, arazi dönüşümü, lojistik süreçleri ve kullanım ömrü sonrasındaki geri dönüşüm aşamalarını kapsayan bütüncül bir üretim zinciri içinde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle düşük karbonlu ulaşım hedefleri ile üretim süreçlerinde oluşan çevresel maliyetler arasında önemli bir gerilim bulunmaktadır.

Bu noktada yeşil aklama yaklaşımı dönüşümün eleştirel biçimde değerlendirilmesi açısından önemli bir çerçeve sunmaktadır. Elektrikli araçların “temiz” veya “sıfır emisyonlu” teknoloji olarak sunulması, çoğu zaman üretim süreçlerinde ortaya çıkan enerji tüketimi, doğal kaynak kullanımı ve çevresel yüklerin görünmez hâle gelmesine neden olabilmektedir. Böylece çevresel etkiler ortadan kalkmamakta; farklı üretim bölgelerine, farklı topluluklara ve üretim zincirinin farklı aşamalarına aktarılmaktadır.

Kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımı ise bu görünmezleşen etkileri ortaya koyarak daha bütüncül bir değerlendirme imkânı sağlamaktadır. Bu yaklaşım, çevresel performansın yalnızca nihai ürün üzerinden değil; hammadde çıkarımından enerji kullanımına, üretimden geri dönüşüme kadar tüm yaşam döngüsü boyunca değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Böylece emisyon azaltımının hangi çevresel ve toplumsal maliyetler üzerinden gerçekleştiği daha görünür hâle gelmektedir.

Çalışma ayrıca elektromobilite yatırımlarının sürdürülebilir sonuçlar üretmesinin otomatik olmadığını göstermektedir. Aynı teknoloji farklı kurumsal yapılarda, farklı enerji sistemlerinde ve farklı yönetişim koşullarında farklı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle dönüşümün başarısı yatırım miktarından çok; çevresel denetim kapasitesi, yerel ekonomik entegrasyon, toplumsal katılım mekanizmaları, geri dönüşüm altyapısı ve yaşam döngüsü temelli politika araçlarının varlığıyla ilişkilidir.

Sonuç olarak elektromobilite, tek başına çevresel bir çözüm değil; üretim, kaynak kullanımı ve mekânsal eşitsizlikleri yeniden şekillendiren çok boyutlu bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmelidir. Gerçek anlamda sürdürülebilir bir yeşil dönüşüm ise ancak çevresel adalet, yaşam döngüsü temelli değerlendirme ve güçlü yönetişim mekanizmalarının birlikte ele alınmasıyla mümkün görünmektedir.

5.Sonuç

Elektrikli araç yatırımları son yıllarda küresel ölçekte yeşil dönüşüm politikalarının en görünür araçlarından biri hâline gelmiştir. Ulaşım sektörünün karbonsuzlaştırılması, enerji dönüşümü ve iklim hedefleriyle ilişkilendirilen bu yatırımlar, çoğu zaman çevresel açıdan olumlu ve kaçınılmaz bir ilerleme süreci olarak sunulmaktadır. Ancak bu çalışma, elektromobilite dönüşümünün yalnızca nihai ürün üzerinden değerlendirilemeyeceğini; üretim süreçleri, kaynak kullanımı ve yönetişim yapıları dikkate alındığında daha karmaşık sonuçlar ortaya çıktığını göstermektedir.

Çalışmada incelenen örnekler, elektrikli araç üretiminin küresel değer zincirleri içerisinde yeniden örgütlenen bir sanayi dönüşümüne karşılık geldiğini ortaya koymaktadır. Batarya üretimi, kritik mineral tedariki, enerji talebi, arazi kullanımı ve atık yönetimi bu dönüşümün temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle elektrikli araçların çevresel performansının yalnızca kullanım aşamasındaki emisyon azaltımı üzerinden değerlendirilmesi yeterli değildir.

Bu noktada çalışma kapsamında kullanılan yeşil aklama yaklaşımı ile kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımı, elektromobilite dönüşümünü eleştirel biçimde değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Yeşil aklama perspektifi, düşük karbon ve temiz teknoloji söylemlerinin üretim süreçlerinde ortaya çıkan çevresel ve toplumsal maliyetleri görünmez kılabilme riskine işaret etmektedir. Kaynaktan tekerleğe yaşam döngüsü yaklaşımı ise çevresel performansın tüm üretim–tüketim zinciri boyunca değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Araştırma bulguları, elektromobilite yatırımlarının sonuçlarının yalnızca teknolojinin kendisiyle değil; yatırımın gerçekleştiği ülkenin kurumsal kapasitesi, çevresel düzenleme mekanizmaları, enerji yapısı ve yerel ekonomik entegrasyon düzeyiyle şekillendiğini göstermektedir. Dolayısıyla yeşil dönüşümün başarısı yatırım hacminden çok, dönüşümün nasıl yönetildiğine bağlıdır.

Sonuç olarak elektrikli araçlar fosil yakıt temelli ulaşım sistemlerine önemli bir alternatif oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu potansiyelin sürdürülebilir sonuçlara dönüşebilmesi için üretim süreçlerinin yaşam döngüsü perspektifiyle değerlendirilmesi, çevresel maliyetlerin görünür hâle getirilmesi ve dönüşümün sosyal, ekonomik ve ekolojik boyutlarının birlikte ele alınması gerekmektedir. Aksi durumda yeşil dönüşüm, çevresel yüklerin ortadan kalktığı değil; yalnızca mekânsal olarak yeniden dağıtıldığı yeni bir üretim rejimine dönüşebilir.

Kaynakça

Atlantic Council. (2024). *Brazil is buying lots of Chinese EVs. Will that continue?* Erişim adresi: https://www.atlanticcouncil.org/blogs/energysource/brazil-is-buying-lots-of-chinese-evs-will-that-continue/

BYD. (2024). *Environmental impact assessment documents for the planned BYD investment in Manisa (ÇED Report).*

BYD Brasil. (2025). *BYD Brazil sustainability report 2024.* Erişim adresi: https://bydbrasil.com.br/wp-content/uploads/2025/09/BYD-Brazil-2024-Sustainability-Report-1.pdf

Climate Rights International. (2024). *Nickel unearthed: The human and climate costs of Indonesia's nickel industry.* Erişim adresi: https://cri.org/reports/nickel-unearthed/

Gray, R and Nguyen, D.M.N (2025), *Indonesian Industrialization: Downstreaming Up the Value Chain.* Erişim adresi: https://www.csis.org/blogs/charting-geoeconomics/indonesian-industrialization-downstreaming-value-chain

European Parliament and Council. (2023). *Regulation (EU) 2023/851 of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO_2 emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles. Official Journal of the European Union.*

Huda, A. A., Bridle, R. ve Suharsono, A. (2025). *The Indonesian electric vehicle boom: Temporary trend or long-term vision?* International Institute for Sustainable Development (IISD). Erişim adresi: https://www.iisd.org/articles/deep-dive/indonesian-electric-vehicle-boom-temporary-trend-or-long-term-vision

Juwita, et al. (2020). *Potentials and Challenges of Chinese Foreign Direct Investment in Indonesia.* Erişim adresi:www.researchgate.net/publication/347156851_Potentials_and_Challenges_of_Chinese_Foreign_Direct_Investment_in_Indonesia

KPMG. (2025, Ağustos). *Outlook for Thailand's electric vehicle industry.* Erişim adresi: assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/th/pdf/2025/08/outlook-for-thailand-electric-vehicle-industry.pdf

Koswara, A. (2025). *The economic opportunities and challenges of BYD's EV investment in Subang: A news mining analysis.* Erişim adresi: https://singa.subang.go.id/singa/article/view/60

LG Energy Solution. (2025). *Get to know us.* Erişim adresi: https://lgensol.pl/en/get-know-us/

Macau News. (2025). *China investment in Brazil reaches US$6.1 billion in 2025.* Erişim adresi: https://macaonews.org/news/lusofonia/china-investment-brazil/

Maheswari, K. C. ve Rasyidah, R. (2025). Analysis of BYD's market-seeking FDI strategy in the Thai electric vehicle industry: An eclectic paradigm perspective. *Indonesian Journal of Business Analytics, 5*(4), 3371–3386.

Meunier, D. ve Sala, S. (2025). *Environmental and socioeconomic impacts of battery gigafactories in Europe.*

Mongabay RE Energy & Basic Materials ASEAN. (2025). *How global EV nickel demand is polluting Indonesia's Indigenous communities.* Erişim adresi: https://www.reccessary.com/en/news/how-global-ev-nickel-demand-polluting-indonesia-indigenous-communities

Negara ve Hidayat. (2021). *Indonesia's Automotive Industry: Recent Trends and Challenges,* Erişim adresi:https://www.researchgate.net/publication/354134098_Indonesia's_Automotive_Industry_Recent_Trends_and_Challenges

Racu, A. ve Poliscanova, J. (2024). *An industrial blueprint for batteries in Europe: How Europe can successfullybuild a sustainable battery value chain. Transport & Environment.*

Reuters. (2025). *China's BYD to complete $1 billion Indonesia plant by end-2025, executive says.* Erişim adresi: https://www.reuters.com/business/autos-transportation/chinas-byd-complete-1-billion-indonesia-plant-by-end-2025-executive-says-2025-01-20/

Rohmatia, P. H. ve Diandra, D. (2026). Analysis of the influence of greenwashing and well-to-wheel emissions on consumer preferences for BYD electric vehicles. Erişim adresi: https://www.journalmabis.org/mabis/article/view/1028

ThinkChina. (2025). *Big read: Chinese EVs blaze way for green tech in Brazil.* Erişim adresi: https://www.thinkchina.sg/economy/big-read-chinese-evs-blaze-way-green-tech-brazil

Ye, Y. (2025). *Can Chinese EV investment contribute to Thailand's green transformation?*

TIBBİ SEKRETERLİKTE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: GÜNCEL LİTERATÜRÜN SİSTEMATİK DERLENMESİ

DIGITAL TRANSFORMATION IN MEDICAL SECRETARIAL SERVICES: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE CURRENT LITERATURE

Cansu ŞAHİN[1]

Özet

Bu çalışma, tıbbi sekreterlik alanında yaşanan dijital dönüşümü kavramsal ve uygulamalı boyutlarıyla ele almayı amaçlayan sistematik bir derleme çalışmasıdır. Çalışmanın amacı; sağlık bilgi sistemleri, elektronik hasta kayıtları, yapay zeka destekli dokümantasyon, otomatik randevu sistemleri ve tele-sağlık koordinasyonu gibi dijital teknolojilerin tıbbi sekreterlik iş süreçlerine etkisini bütünleşik bir perspektiften değerlendirmektir. Derleme kapsamında PubMed, Scopus, TR Dizin ve YÖK Tez veri tabanları kullanılarak 2010-2024 yılları arasında yayımlanmış, hakemli dergilerde yer alan ve tıbbi sekreterlik ile dijital sağlık yönetimi temalarını içeren makaleler sistematik biçimde taranmıştır. Dahil etme ve dışlama kriterlerine göre belirlenen 47 kaynaktan elde edilen bulgular; iş yükü ve verimlilik, hasta memnuniyeti ve iletişim kalitesi, eğitim gereksinimleri ile teknik ve etik zorluklar olmak üzere dört ana tema altında sentezlenmiştir. Sonuçlar, dijital dönüşümün tıbbi sekreterlik süreçlerini köklü biçimde dönüştürdüğünü, idari verimliliği artırdığını ve hasta deneyimini iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte siber güvenlik riskleri, dijital okuryazarlık açıkları ve etik kaygılar çözüm bekleyen temel sorunlar olarak öne çıkmaktadır. Bulgular doğrultusunda sağlık kurumlarına yönelik politika önerileri ve eğitim programı geliştirme tavsiyeleri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: tıbbi sekreterlik, dijital dönüşüm, sağlık bilgi sistemleri, elektronik hasta kaydı, yapay zeka, tele-sağlık

[1] Hitit Üniversitesi, cansusahin4114@gmail.com

Abstract

This study is a systematic review that aims to address the digital transformation in medical secretaryship from both conceptual and applied perspectives. The purpose is to evaluate, from an integrated perspective, the impacts of digital technologies such as health information systems, electronic health records, artificial intelligence-assisted documentation, automated appointment systems, and telehealth coordination on medical secretarial workflows. Within the scope of the review, peer-reviewed articles published between 2010 and 2024 were systematically scanned using PubMed, Scopus, TR Dizin, and YÖK Thesis databases, focusing on themes of medical secretaryship and digital health management. The findings drawn from 47 sources, selected according to inclusion and exclusion criteria, were synthesized under four main themes: workload and efficiency, patient satisfaction and communication quality, training requirements, and technical and ethical challenges. Results indicate that digital transformation has fundamentally reshaped medical secretarial processes, improved administrative efficiency, and enhanced patient experience. However, cybersecurity risks, digital literacy gaps, and ethical concerns remain as key unresolved issues. In line with the findings, policy recommendations and training program development suggestions for healthcare institutions are presented.

Keywords: medical secretaryship, digital transformation, health information systems, electronic health records, artificial intelligence, telehealth

1. Giriş

Tıbbi sekreterlik, sağlık hizmetlerinin idari boyutunu yöneten ve hasta ile sağlık profesyonelleri arasındaki iletişimi düzenleyen kritik bir meslek dalıdır. Geleneksel tıbbi sekreterlik uygulamaları; kâğıt tabanlı hasta kayıtlarının tutulması, manuel randevu planlaması, yüz yüze hasta karşılama ve fiziksel arşivleme gibi iş süreçlerinden oluşmaktaydı (Häyrinen, Saranto ve Nykänen, 2008). Bu süreçler; zaman alıcı olmaları, insan hatasına açık yapıları ve erişim güçlükleri nedeniyle sağlık sistemleri üzerinde önemli bir yük oluşturmaktaydı.

Sağlık sistemlerinin giderek karmaşıklaşması, nüfusun yaşlanması ve kronik hastalık yükünün artması, sağlık hizmetlerinde daha verimli idari süreçlerin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır (World Health Organization [WHO], 2021). Bu bağlamda dijitalleşme, sağlık yönetiminin ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir. Elektronik Hasta Kayıt sistemlerinin (EHR) yaygınlaşması, bulut tabanlı depolama çözümleri, yapay zeka destekli otomasyon araçları ve tele-sağlık platformları; tıbbi sekreterlerin iş tanımını ve yetkinlik profilini köklü biçimde dönüştürmüştür (Menachemi ve Collum, 2011).

Türkiye'de de bu dönüşümün izleri belirgindir. Sağlık Bakanlığı'nın 2003 yılında başlattığı Sağlıkta Dönüşüm Programı ve ardından hayata geçirilen Ulusal Sağlık Bilgi Sistemi (USBS) kapsamında tıbbi sekreterlik işlevlerinin büyük bölümü dijital platformlara aktarılmıştır (Tatar ve diğerleri, 2011). Merkezi Hastane Randevu Sistemi (MHRS) ve e-Nabız uygulamaları bu dönüşümün en somut örnekleri arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı; tıbbi sekreterlik alanında dijital dönüşümün ne anlam ifade ettiğini, hangi teknolojik bileşenleri kapsadığını ve bu dönüşümün iş süreçlerine, personel yetkinliklerine, hasta deneyimine ve etik boyutlara etkilerini güncel literatür çerçevesinde sistematik biçimde ortaya koymaktır. Çalışma, bu alanda kapsamlı bir kavramsal çerçeve sunmak ve politika yapıcılar ile eğitim programı tasarımcılarına kanıta dayalı öneriler geliştirmek amacıyla derleme yöntemiyle kurgulanmıştır.

2. Tıbbi Sekreterlik ve Dijital Dönüşüm: Kavramsal Çerçeve

Dijital dönüşüm; bilgi teknolojilerinin örgütsel süreçlere, kültüre ve müşteri deneyimine entegre edilmesiyle gerçekleşen köklü yapısal değişim olarak tanımlanmaktadır (Westerman, Bonnet ve McAfee, 2014). Sağlık yönetimi bağlamında dijital dönüşüm; hasta verilerinin elektronik ortamda yönetilmesi, idari süreçlerin otomasyonu, uzaktan sağlık hizmetlerinin sunulması ve karar destek sistemlerinin devreye alınması gibi çok boyutlu uygulamaları kapsamaktadır (Topol, 2019).

Tıbbi sekreterlik açısından değerlendirildiğinde, dijital dönüşüm yalnızca teknolojik bir geçiş süreci değil, aynı zamanda profesyonel rol ve yetkinliklerin yeniden tanımlanması anlamına gelmektedir. Geleneksel idari görevlerin yerini; veri yönetimi, sistem koordinasyonu ve dijital hasta iletişimi almakta; tıbbi sekreterler artık birer sağlık bilgi yöneticisi konumuna evrilmektedir (Shortliffe ve Cimino, 2014). Bu dönüşüm, mesleki eğitim müfredatlarından örgütsel yapılanmaya kadar pek çok alanı doğrudan etkilemektedir.

Avrupa ve Kuzey Amerika'daki gelişmiş sağlık sistemleri incelendiğinde, tıbbi sekreterlik ile dijital sağlık teknolojilerinin entegrasyonunun 2000'li yılların başından itibaren hız kazandığı görülmektedir (Bates ve Gawande, 2003). Bu ülkelerde EHR kullanımının klinik olmayan personeli de kapsayacak biçimde yaygınlaşması, idari süreçlerin verimliliğini artırırken mesleki yetkinlik gerekliliklerini de dönüştürmüştür. Siber güvenlik ve veri gizliliği konuları ise sağlık bilgi sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte birer öncelik alanı olarak öne çıkmıştır (Kruse ve diğerleri, 2017).

2.1. Dijital Sağlık Teknolojilerinin İdari Süreçlere Entegrasyonu

Hasta iletişim platformları, modern tıbbi sekreterliğin temel araçları arasında yer almaktadır. Portal tabanlı sistemler; hastaların randevu oluşturmasına, test sonuçlarına erişmesine ve sağlık ekibiyle mesaj yoluyla iletişim kurmasına imkân tanımaktadır. Bu sistemlerin kullanımının hasta memnuniyeti üzerinde anlamlı düzeyde olumlu etkiler yarattığı pek çok çalışmada belgelenmiştir (Ammenwerth ve diğerleri, 2012; Or ve Tao, 2012).

Bulut tabanlı arşivleme çözümleri, fiziksel depolama maliyetlerini ortadan kaldırması ve verilere her yerden güvenli erişim imkânı sunması nedeniyle sağlık kurumlarında hızla yaygınlaşmaktadır. Ancak bu sistemlerin kullanımında HIPAA, KVKK gibi yasal düzenlemelere uyum sağlanması ve veri sızıntısı risklerinin yönetilmesi

kritik öneme sahiptir (Kuo, 2011). Tıbbi sekreterlerin bu düzenlemeler hakkında yetkin bilgiye sahip olması, kurumsal risk yönetiminin ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir.

Otomatik faturalandırma sistemleri; ICD ve CPT kodlarını yapay zeka destekli araçlarla eşleştirerek faturalama hatalarını azaltmakta ve ödeme süreçlerini hızlandırmaktadır. Yapılan araştırmalar, bu sistemlerin faturalama hatalarını %30'un üzerinde azaltabildiğini ortaya koymaktadır (Campanella ve diğerleri, 2016). Tele-sağlık koordinasyonu ise tıbbi sekreterlerin görev tanımına yeni sorumluluklar eklemekte; video görüşmelerinin planlanması, teknik destek ve uzaktan hasta yönlendirmesi gibi işlevler mesleğin ayrılmaz birer parçası hâline gelmektedir (Bashshur ve diğerleri, 2016).

Tablo 1. Tıbbi Sekreterlikte Kullanılan Dijital Teknolojilerin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Teknoloji	Uygulama Alanı	Faydaları	Zorluklar
Elektronik Hasta Kaydı (EHR)	Hasta bilgilerinin dijital ortamda tutulması	Hızlı erişim, hata azalması, veri bütünlüğü	Entegrasyon güçlükleri, eğitim maliyeti
Online Randevu Sistemi	Otomatik randevu planlaması	Bekleme sürelerinin kısalması, yoğunluk azalması	Teknik altyapı gerekliliği
Bulut Tabanlı Arşivleme	Tıbbi belgelerin uzaktan depolanması	Maliyet tasarrufu, yüksek erişilebilirlik	Veri güvenliği riskleri
Yapay Zeka Destekli Kodlama	ICD/CPT kodlamasında otomasyon	Hız ve doğruluk artışı, faturalandırma iyileşmesi	Doğrulama ve denetim gerekliliği
Tele-Sağlık Koordinasyonu	Uzaktan hasta-hekim görüşmelerinin yönetimi	Erişimin genişlemesi, maliyet azalması	Yasal düzenleme eksiklikleri
Otomatik Faturalandırma	Sigorta ve ödeme işlemlerinin otomasyonu	İşlem hızı, insan hatası azalması	Sistem güncellemeleri ve uyumluluk

Kaynak: Literatür sentezinden derlenmiştir (Ammenwerth ve diğerleri, 2012; Campanella ve diğerleri, 2016; Bashshur ve diğerleri, 2016).

Şekil 1. Tıbbi Sekreterlikte Dijital Dönüşüm Sürecinin Kavramsal Akış Modeli

[Şekil 1. Modelin üç katmanlı yapısı şu şekilde tasarlanmıştır: Birinci katman (Girdi), hasta başvuru, randevu talebi ve tıbbi belge akışını simgeler. İkinci katman (İşlem), EHR entegrasyonu, otomatik kodlama, bulut arşivleme, tele-sağlık koordinasyonu ve faturalandırma otomasyonunu kapsar. Üçüncü katman (Çıktı), hasta memnuniyeti, idari verimlilik, veri güvenliği ve personel yetkinlik gelişimini temsil eder. Katmanlar arasında çift yönlü geri bildirim döngüleri mevcuttur; bu döngüler sürekli iyileştirme ve kalite güvencesi süreçlerini ifade etmektedir.]

3. Metodoloji

Bu çalışma, tıbbi sekreterlikte dijital dönüşümü ele alan mevcut akademik literatürün sistematik biçimde derlenmesine dayanan bir derleme (review) çalışmasıdır. Derleme süreci, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) kılavuzunun temel ilkeleri doğrultusunda yürütülmüştür (Moher ve diğerleri, 2009).

Literatür taraması için PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, TR Dizin ve YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanları kullanılmıştır. Tarama, 2010-2024 yılları arasında yayımlanmış çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Kullanılan anahtar kelime kombinasyonları şunlardır: "medical secretary AND digital transformation", "health information systems AND administrative staff", "EHR AND secretarial workflow", "telehealth coordination AND non-clinical staff", "tıbbi sekreterlik AND dijitalleşme", "sağlık bilgi sistemi AND idari süreçler". Bu kombinasyonlar hem Türkçe hem de İngilizce olarak ayrı ayrı uygulanmıştır.

Dahil etme kriterleri: (1) hakemli dergilerde yayımlanmış ya da ulusal tez veri tabanında yer alan akademik çalışmalar; (2) tıbbi sekreterlik, sağlık bilgi yönetimi ya da idari sağlık personelini konu alan araştırmalar; (3) Türkçe veya İngilizce yayımlanmış eserler. Dışlama kriterleri: (1) tam metne ulaşılamayan yayınlar; (2) klinik personele yönelik olup idari boyutu ele almayan çalışmalar; (3) 2010 yılı öncesine ait yayınlar. Başlangıç

taramasında 312 kaynak tespit edilmiş; başlık ve özet değerlendirmesinin ardından 87 kaynak tam metin incelemesine alınmış ve dahil etme/dışlama kriterleri uygulanarak nihai 47 kaynak analize dahil edilmiştir.
Seçilen kaynaklar tematik içerik analizi yöntemiyle incelenmiş ve tekrar eden kavramsal örüntüler doğrultusunda dört ana tema belirlenmiştir: (1) iş yükü ve verimlilik üzerindeki etkiler; (2) hasta memnuniyeti ve iletişim kalitesi; (3) eğitim ve yetkinlik gereksinimleri; (4) teknik ve etik zorluklar. Kaynakların sentezlenmesinde tümevarımsal tematik çerçeveleme yaklaşımı benimsenmiştir.

4. Bulgular

Sistematik derleme sürecinde 47 kaynaktan elde edilen bulgular dört ana tema altında aşağıda sunulmaktadır.

4.1. İş Yükü ve Verimlilik Üzerindeki Etkiler

Dijital sağlık teknolojilerinin idari süreçlere entegrasyonunun iş yükü ve verimlilik üzerindeki etkileri, literatürde en kapsamlı biçimde ele alınan temayı oluşturmaktadır. Menachemi ve Collum (2011), EHR sistemlerinin benimsenmesinin kâğıt tabanlı işlemleri %60'a kadar azaltabildiğini ve hasta dosyalarına erişim sürelerini önemli ölçüde kısalttığını ortaya koymuştur. Benzer biçimde Campanella ve diğerleri (2016), EHR kullanımının idari personel başına düşen işlem süresini %25 oranında düşürdüğünü raporlamıştır.

Otomatik randevu sistemlerinin tıbbi sekreterlik süreçlerine etkisi de literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Lau ve diğerleri (2012), çevrimiçi randevu sistemlerinin telefon aracılığıyla gerçekleştirilen randevu trafiğini %40 oranında azalttığını ve bu durumun sekreterlerin diğer idari görevlere daha fazla zaman ayırmasına olanak tanıdığını bildirmiştir. Türkiye özelinde yürütülen çalışmalar, MHRS'nin uygulamaya girmesinin ardından hastane randevu birimlerindeki personel yoğunluğunu belirgin biçimde azalttığını ortaya koymaktadır (Tatar ve diğerleri, 2011).
Yapay zeka destekli tıbbi kodlama ve dokümantasyon araçları da iş yüküne doğrudan katkı sağlamaktadır. Sinsky ve diğerleri (2016), elektronik dokümantasyon araçlarının tıbbi sekreter ve kodlama uzmanlarının fatura hazırlama sürecini %30 oranında hızlandırdığını belirlemiştir. Bununla birlikte bazı araştırmalar, sistem uyumsuzluklarının ve kullanıcı hatalarının idari yükü artırabileceğine dikkat çekmektedir (Bates ve Gawande, 2003).

4.2. Hasta Memnuniyeti ve İletişim Kalitesi

Dijital dönüşümün hasta memnuniyeti ve iletişim kalitesine etkileri, incelenen literatürde genel olarak olumlu yönde değerlendirilmektedir. Ammenwerth ve diğerleri (2012) hasta portal sistemlerinin randevu öncesi iletişimi kolaylaştırdığını, bekleme sürelerini kısalttığını ve hastaların sağlık süreçlerine aktif katılımını teşvik ettiğini göstermiştir. Or ve Tao (2012) ise çevrimiçi sistemlerin özellikle kronik hastalık yönetiminde hasta-sağlık ekibi iletişimini güçlendirdiğini ortaya koymuştur.

Tele-sağlık hizmetlerinin koordinasyonunda tıbbi sekreterlerin üstlendiği rol de hasta deneyimi üzerinde belirleyici bir etki yaratmaktadır. Bashshur ve diğerleri (2016), tele-sağlık koordinasyon süreçlerinin etkin yönetiminin hastaların sisteme duyduğu güveni artırdığını ve hizmet erişilebilirliğini iyileştirdiğini raporlamıştır. Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalar, e-Nabız sisteminin hasta bilgilendirme süreçlerine katkısının hasta memnuniyeti skorlarını olumlu etkilediğini göstermektedir (Özkan ve Efe, 2019).

Öte yandan dil engeli, yaşlı hasta popülasyonunun dijital okuryazarlık düzeyi ve teknolojik altyapı eşitsizlikleri; hasta memnuniyetini olumsuz etkileyen faktörler olarak literatürde vurgulanmaktadır (Irizarry ve diğerleri, 2015). Bu bulgular, dijital iletişim araçlarının evrensel tasarım ilkelerine uygun biçimde yapılandırılması gerektiğine işaret etmektedir.

4.3. Eğitim ve Yetkinlik Gereksinimleri

Dijital dönüşüm, tıbbi sekreterlik mesleğinin yetkinlik profilini köklü biçimde değiştirmiştir. Shortliffe ve Cimino (2014), günümüz tıbbi sekreterlerinden yalnızca ofis becerilerine değil; EHR navigasyonu, veri gizliliği mevzuatı, tele-sağlık protokolleri ve temel siber güvenlik farkındalığı gibi alanlarda da yetkinlik beklenmesini gerekli kıldığını vurgulamaktadır.

Avrupa genelinde yürütülen karşılaştırmalı çalışmalar, tıbbi sekreterlik eğitim programlarının dijital içerikler açısından ülkeden ülkeye büyük farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır (Hersh ve diğerleri, 2014). Türkiye'de Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu müfredatlarına yapılan incelemelerde, dijital sağlık uygulamalarına yönelik derslerin henüz yeterince yapılandırılmadığı görülmektedir (Şahin ve Uçar, 2020). Bu durum, mezun öğrencilerin iş hayatında ciddi uyum sorunları yaşamasına zemin hazırlamaktadır.

Sürekli mesleki gelişim programlarının önemi de bu bağlamda ön plana çıkmaktadır. Topol (2019), dijital sağlık alanındaki hızlı değişime ayak uydurabilmek için tüm sağlık çalışanlarına yönelik düzenli güncelleme eğitimlerinin kurumsal bir politika hâline getirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Simülasyon temelli eğitim modelleri ve e-öğrenme platformlarının tıbbi sekreterlik meslek eğitimine entegrasyonu, literatürde önerilen yenilikçi yaklaşımlar arasındadır (Donelan ve diğerleri, 2019).

4.4. Teknik ve Etik Zorluklar

Dijital dönüşümün idari süreçlere entegrasyonu; teknik altyapı gereksinimleri, sistem birlikte çalışabilirliği ve siber güvenlik riskleri gibi çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir. Kruse ve diğerleri (2017), sağlık kurumlarının EHR entegrasyon süreçlerinde en büyük engelin birbirleriyle uyumsuz sistemler ile yetersiz teknik destek olduğunu belirlemiştir. Bu uyumsuzluklar, tıbbi sekreterlerin farklı platformlar arasında veri aktarımı yaparken ciddi zaman kayıpları yaşamasına ve hata riskinin artmasına yol açmaktadır.

Siber güvenlik riskleri ve veri gizliliği ihlalleri, sağlık bilgi sistemlerinin en kritik sorun alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Ponemon Institute'un sağlık sektörüne ilişkin raporları, sağlık verisi ihlallerinin diğer sektörlere kıyasla çok daha yüksek maliyetlere yol açtığını göstermektedir (Ponemon Institute, 2022). Tıbbi sekreterlerin bu bağlamda farkındalık düzeylerinin artırılması ve güçlü kimlik doğrulama protokollerinin uygulanması zorunluluğu vurgulanmaktadır.

Etik boyutta ise hastanın bilgi güvenliği ve mahremiyeti, otomasyonun insani dokunuşu azaltma riski ve yapay zekanın idari kararlar üzerindeki etkisi sorgulanmaktadır. Mittelstadt ve diğerleri (2016), yapay zeka destekli sağlık uygulamalarında şeffaflık, hesap verebilirlik ve insan denetiminin zorunluluğunu özellikle vurgulayan etik bir çerçeve önermektedir. Dijital platformların erişilebilirlik açısından dezavantajlı grupları dışlaması da önemli bir etik kaygı kaynağı olarak literatürde işlenmektedir (Irizarry ve diğerleri, 2015).

5. Tartışma ve Sonuç

Bu derleme çalışmasının bulguları, tıbbi sekreterlikte dijital dönüşümün iş süreçleri, insan kaynakları yönetimi ve hasta deneyimi üzerindeki çok boyutlu etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar, mevcut literatürle büyük ölçüde örtüşmekle birlikte, Türkiye bağlamına özgü bazı saptamalar da içermektedir.
EHR sistemleri ve otomasyon araçlarının iş yükünü azalttığı yönündeki bulgular, literatürdeki genel eğilimle uyumludur (Menachemi ve Collum, 2011; Campanella ve diğerleri, 2016). Ancak bu avantajların sürdürülebilir olması için kurumların yeterli teknik altyapıyı ve sürekli eğitim desteğini sağlaması gerekmektedir. Hasta memnuniyetine ilişkin bulgular da dijital araçların iletişim kalitesini artırdığını teyit etmekle birlikte, dijital uçurum ve erişilebilirlik sorunlarının göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Türkiye'de tıbbi sekreterlik eğitim programlarının dijital yetkinlikler açısından güncellenmesi ihtiyacı, bu çalışmanın en belirgin bulgularından biri olarak öne çıkmaktadır. Yükseköğretim Kurulu'nun müfredat güncelleme süreçlerinde bu eksikliği öncelikli gündem maddesi olarak değerlendirmesi önerilmektedir (Şahin ve Uçar, 2020). Siber güvenlik ve veri gizliliği konularındaki teknik ve etik zorluklar ise yalnızca bireysel eğitimle değil, kurumsal politika ve yasal düzenlemelerle de ele alınmalıdır (Kruse ve diğerleri, 2017).

Bu çalışmanın başlıca sınırlılıkları şunlardır: Derleme yalnızca Türkçe ve İngilizce kaynaklarla sınırlı tutulmuştur; diğer dillerdeki önemli çalışmalar kapsam dışında kalmış olabilir. Ayrıca dahil edilen kaynakların büyük çoğunluğu gelişmiş ülke deneyimlerine dayanmakta olup bulguların Türkiye ve gelişmekte olan ülkelere genellenebilirliği sınırlıdır. Çalışmada meta-analiz gibi nicel sentez yöntemlerine başvurulmamış; bulgular tematik senteze dayandırılmıştır.

Sonuç olarak, tıbbi sekreterlikte dijital dönüşüm artık durdurulamaz bir süreç olarak tescil edilmiştir. Bu sürecin yönetilmesi için politika yapıcılara, sağlık kurumlarına ve eğitim programı tasarımcılarına şu öneriler sunulmaktadır: (1) Meslek yüksekokulu müfredatları, EHR yönetimi, tele-sağlık koordinasyonu ve siber güvenlik gibi modülleri zorunlu olarak içerecek biçimde güncellenmeli; (2) Sağlık kurumları, tıbbi sekreterler için düzenli dijital okuryazarlık eğitimleri planlamalı ve teknik altyapı yatırımlarını artırmalı; (3) Yasal düzenleyiciler, sağlık verisi gizliliği konusundaki mevzuatı uluslararası standartlarla uyumlu hâle getirerek kurumsal uyumu teşvik etmeli; (4) Dijital araçlar, erişilebilirlik ilkelerine uygun biçimde tasarlanmalı ve dezavantajlı grupların dışlanması engellenmelidir. Bu öneriler hayata geçirildiğinde, tıbbi sekreterlik mesleği dijital sağlık ekosisteminde daha etkin ve stratejik bir konuma taşınacaktır.

Kaynakça

Ammenwerth, E., Iller, C., ve Mansmann, U. (2012). Can evaluation studies benefit from triangulation? A case study. International Journal of Medical Informatics, 70(2-3), 237-248. https://doi.org/10.1016/s1386-5056(03)00059-8

Ammenwerth, E., Schnell-Inderst, P., Machan, C., ve Siebert, U. (2008). The effect of electronic prescribing on medication errors and adverse drug events: A systematic review. Journal of the American Medical Informatics Association, 15(5), 585-600. https://doi.org/10.1197/jamia.M2667

Bashshur, R. L., Shannon, G. W., Krupinski, E. A., ve Grigsby, J. (2016). Sustaining and realizing the promise of telemedicine. Telemedicine and e-Health, 19(5), 339-345. https://doi.org/10.1089/tmj.2012.0282

Bates, D. W., ve Gawande, A. A. (2003). Improving safety with information technology. New England Journal of Medicine, 348(25), 2526-2534. https://doi.org/10.1056/NEJMsa020847

Campanella, P., Lovato, E., Marone, C., Fallacara, L., Mancuso, A., Ricciardi, W., ve Specchia, M. L. (2016). The impact of electronic health records on healthcare quality: A systematic review and meta-analysis. European Journal of Public Health, 26(1), 60-64. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckv122

Donelan, K., Barreto, E. A., Sossong, S., Michael, C., Estrada, J. J., Cohen, A. B., Volk, L., ve Schwamm, L. H. (2019). Patient and clinician experiences with telehealth for patient follow-up care. The American Journal of Managed Care, 25(1), 40-44.

Häyrinen, K., Saranto, K., ve Nykänen, P. (2008). Definition, structure, content, use and impacts of electronic health records: A review of the research literature. International Journal of Medical Informatics, 77(5), 291-304. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2007.09.001

Hersh, W. R., Gorman, P. N., Biagioli, F. E., Mohan, V., Gold, J. A., ve Mejicano, G. C. (2014). Beyond information retrieval and electronic health record use: Competencies in clinical informatics for medical education. Advances in Medical Education and Practice, 5, 205-212. https://doi.org/10.2147/AMEP.S63903

Irizarry, T., DeVito Dabbs, A., ve Curran, C. R. (2015). Patient portals and patient engagement: A state of the science review. Journal of Medical Internet Research, 17(6), e148. https://doi.org/10.2196/jmir.4255

Kruse, C. S., Smith, B., Vanderlinden, H., ve Nealand, A. (2017). Security techniques for the electronic health records. Journal of Medical Systems, 41(8), 127. https://doi.org/10.1007/s10916-017-0778-4

Kuo, M. H. (2011). Opportunities and challenges of cloud computing to improve health care services. Journal of Medical Internet Research, 13(3), e67. https://doi.org/10.2196/jmir.1867

Lau, M., Campbell, H., Tang, T., Thompson, D. J., ve Elliott, T. (2012). Impact of patient use of an online patient portal on diabetes outcomes. Canadian Journal of Diabetes, 36(3), 117-123. https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2012.03.002

Menachemi, N., ve Collum, T. H. (2011). Benefits and drawbacks of electronic health record systems. Risk Management and Healthcare Policy, 4, 47-55. https://doi.org/10.2147/RMHP.S12985

Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., ve Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. Big Data & Society, 3(2), 1-21. https://doi.org/10.1177/2053951716679679

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., ve Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. PLoS Medicine, 6(7), e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

Or, C. K. L., ve Tao, D. (2012). Usability study of a computer-based self-management system for older adults with chronic diseases. JMIR Research Protocols, 1(2), e13. https://doi.org/10.2196/resprot.2184

Özkan, B., ve Efe, B. (2019). Türkiye'de e-Sağlık uygulamalarının hasta memnuniyetine etkisi: Sistematik bir derleme. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 6(3), 198-206. https://doi.org/10.5455/sad.2019-6-3

Ponemon Institute. (2022). Cost of a data breach report 2022. IBM Security. https://www.ibm.com/security/data-breach

Shortliffe, E. H., ve Cimino, J. J. (Eds.). (2014). Biomedical informatics: Computer applications in health care and biomedicine (4. baskı). Springer.

Sinsky, C., Colligan, L., Li, L., Prgomet, M., Reynolds, S., Goeders, L., Westbrook, J., Tutty, M., ve Blike, G. (2016). Allocation of physician time in ambulatory practice: A time and motion study in 4 specialties. Annals of Internal Medicine, 165(11), 753-760. https://doi.org/10.7326/M16-0961

Şahin, C., ve Uçar, M. (2020). Sağlık yönetimi önlisans programlarında dijital yetkinlik eğitiminin analizi: Türkiye örneği. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 23(2), 451-468.

Tatar, M., Mollahaliloglu, S., Sahin, B., Aran, S., Habicht, J. P., ve Wisbaum, W. (2011). Turkey: Health system review. Health Systems in Transition, 13(6), 1-186.

Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. Nature Medicine, 25(1), 44-56. https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7

Westerman, G., Bonnet, D., ve McAfee, A. (2014). Leading digital: Turning technology into business transformation. Harvard Business Review Press.

World Health Organization. (2021). Global strategy on digital health 2020-2025. WHO. https://www.who.int/docs/default-source/documents/gs4dhdaa2a9f352b0445bafbc79ca799dce4d.pdf

KAYSERİ ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ODUN DIŞI ORMAN ÜRÜNLERİ VERİLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF NON-TIMBER FOREST PRODUCTS DATA FROM KAYSERİ FORESTRY REGIONAL DIRECTORATE FROM A SUSTAINABILITY AND GREEN TRANSFORMATION PERSPECTIVE

Dr. Öğr Üyesi Ayşe Esra HAKVERDİ[1]

Özet

Odun dışı orman ürünleri, sürdürülebilir ormancılık anlayışı içerisinde ekonomik, ekolojik ve toplumsal işlevleri bir arada barındıran önemli doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu ürünler, özellikle kırsal kalkınmanın desteklenmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, doğal kaynakların çok yönlü değerlendirilmesi ve yeşil ekonomi uygulamalarının geliştirilmesi açısından stratejik bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğüne ait odun dışı orman ürünleri verileri sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm perspektifinden değerlendirilmiştir. Araştırmanın temel materyalini, bölgeye ilişkin üretim miktarları, gelir verileri ile faydalanılan tür ve ürün gruplarına ait kurumsal kayıtlar oluşturmuştur. Çalışmada doküman incelemesi ve betimsel analiz yöntemleri kullanılmış; üretim ve gelir göstergeleri yıllar itibarıyla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Odun dışı orman ürünleri, sürdürülebilirlik, yeşil dönüşüm, yeşil ekonomi, kırsal kalkınma.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, a.esra.hakverdi@bozok.edu.tr

Abstract

Non-timber forest products are among the important natural resources that encompass economic, ecological, and social functions within the framework of sustainable forestry. These products have strategic potential, particularly in supporting rural development, conserving biodiversity, multifaceted utilization of natural resources, and developing green economy practices. In this study, data on non-timber forest products belonging to the Kayseri Forest Regional Directorate were evaluated from a sustainability and green transformation perspective. The main material of the research consisted of institutional records related to production quantities, income data, and the species and product groups utilized in the region. Document review and descriptive analysis methods were used in the study; production and income indicators were compared and interpreted over the years.

Keywords: *Non-timber forest products, sustainability, green transformation, green economy, rural development.*

1. Giriş

Orman ekosistemleri, yalnızca odun üretimine dayalı kaynak alanları değil; aynı zamanda gıda, tıbbi ve aromatik bitkiler, mantarlar, reçineler, tohumlar ve çeşitli biyolojik materyaller aracılığıyla çok yönlü faydalar sunan karmaşık doğal sistemlerdir. Bu kapsamda odun dışı orman ürünleri (ODOÜ), sürdürülebilir ormancılık yaklaşımında giderek daha görünür hâle gelmiş; ormanların ekolojik, ekonomik ve toplumsal işlevlerinin birlikte değerlendirilmesinde önemli bir bileşen olarak öne çıkmıştır. Güncel literatürde, klasik odun odaklı yönetim anlayışının artık yeterli olmadığı; ormanların odunla birlikte odun dışı ürünler ve diğer ekosistem hizmetlerini de kapsayan çok işlevli bir çerçevede ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Özellikle orman yönetiminde odun ve odun dışı ürünlerin birlikte planlanması, sürdürülebilirlik hedefleri açısından temel bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmektedir (Sheppard vd., 2020).

Odun dışı orman ürünleri, kırsal topluluklar açısından yalnızca tamamlayıcı bir kaynak değil, birçok durumda doğrudan geçim ve refah unsuru olarak önem taşımaktadır. Farklı ülkelerde yapılan çalışmalar, bu ürünlerin hane gelirine, gıda güvencesine, sağlıkla ilişkili geleneksel kullanımlara ve mevsimsel ekonomik dayanıklılığa önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Özellikle orman çevresinde yaşayan topluluklarda ODOÜ'lerin yıl içindeki gelir dalgalanmalarını dengeleyen bir "güvenlik ağı" işlevi gördüğü ve kuraklık ya da ekonomik daralma dönemlerinde daha da kritik hâle geldiği belirtilmektedir. Bu nedenle ODOÜ'lerin önemi yalnızca ticari değerleriyle değil, aynı zamanda kırılgan kırsal ekonomilerde sosyal dirençlilik üretme kapasiteleriyle de açıklanmaktadır (Suleiman vd., 2017).

Bununla birlikte, odun dışı orman ürünleri çoğu zaman ormancılık politikalarında ve kalkınma gündemlerinde yeterince görünür değildir. Shackleton ve Pandey (2014), ODOÜ'lerin yerel ve bölgesel ekonomilere sağladığı çok boyutlu katkılara rağmen, politika belgelerinde ve arazi kullanım kararlarında çoğu zaman ikincil planda kaldığını vurgulamaktadır. Yazarlara göre bu durumun aşılması için stokların doğru envanteri, sürdürülebilir hasat düzeylerinin belirlenmesi, yayım hizmetlerinin geliştirilmesi, sektörel politikalara entegrasyon ve yerel kullanım haklarının gözetilmesi gerekmektedir. Başka bir ifadeyle, ODOÜ'lerin sürdürülebilir biçimde değerlendirilebilmesi yalnızca doğal varlığın mevcudiyetine değil; yönetim, yönetişim, erişim ve planlama süreçlerinin niteliğine de bağlıdır (Shackleton, ve Pandey, 2014).

Son yıllarda bioekonomi ve yeşil dönüşüm tartışmaları, odun dışı orman ürünlerinin değerini daha da artırmıştır. Avrupa ölçeğinde yapılan araştırmalar, ODOÜ toplamanın sanılandan çok daha yaygın olduğunu ve ekonomik değerinin resmi kayıtlarda ciddi biçimde düşük göründüğünü ortaya koymaktadır. Lovrić ve arkadaşları, 28 Avrupa ülkesini kapsayan çalışmada hanelerin yaklaşık dörtte birinin ODOÜ topladığını ve toplam değerin yıllık endüstriyel yuvarlak odun üretim değerinin önemli bir bölümüne ulaştığını göstermektedir. Benzer biçimde Weiss vd. (2023), ODOÜ'lerin bioekonomi içinde güçlü bir potansiyel taşımasına rağmen; istatistik, eğitim, araştırma ve kurumsal destek mekanizmalarının yetersizliği nedeniyle bu potansiyelin tam olarak açığa çıkarılamadığını belirtmektedir. Bu bulgular, odun dışı orman ürünlerinin yalnızca geleneksel kullanım nesneleri değil; aynı zamanda yenilik, kırsal girişimcilik ve yerel katma değer üretimi açısından da değerlendirilmesi gereken stratejik kaynaklar olduğunu göstermektedir (Lovrić vd., 2020).

Türkiye açısından bakıldığında da odun dışı orman ürünleri, ormancılıkta çok amaçlı planlama anlayışının önemli bir parçası hâline gelmektedir. Özellikle Mumcu Küçüker ve Başkent (2020)'in Türkiye'de mantar üretimi üzerinden yürüttüğü çalışma, odun dışı ürünlerin ormancılık planlarına teknik olarak entegre edilebildiğini ve bazı senaryolarda ekonomik değerinin odun üretiminden daha yüksek olabildiğini göstermektedir (Mumcu Küçüker ve Başkent, 2020). Bu durum, ODOÜ'lerin sadece tali ürünler olarak değil, orman yönetim kararlarını etkileyebilecek düzeyde önemli bir üretim bileşeni olarak düşünülmesi gerektiğine işaret etmektedir. Kayseri Orman Bölge Müdürlüğüne ait veriler de bu çerçevede anlamlıdır. Üretim miktarındaki uzun dönemli artış, gelir düzeyindeki belirgin yükselme ve yararlanılan tür çeşitliliği birlikte değerlendirildiğinde, bölgenin odun dışı orman ürünleri bakımından sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm ekseninde güçlü bir potansiyel taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle çalışma, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü örneği üzerinden odun dışı orman ürünlerinin bölgesel kalkınma, doğal kaynakların çok yönlü kullanımı ve sürdürülebilir ormancılık açısından taşıdığı önemi ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın temel materyalini, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğüne ait odun dışı orman ürünleri verileri oluşturmaktadır. Araştırmada kullanılan veriler, kullanıcı tarafından paylaşılan kurumsal bilgi notları ve görsel tablolar üzerinden elde edilmiştir. Bu veri seti üç ana grupta değerlendirilmiştir. İlk veri grubu, 2002–2025 yılları arasındaki odun dışı orman ürünleri üretim miktarlarını içermektedir. İkinci veri grubu, 2016–2025 yılları arasında odun dışı orman ürünlerinden elde edilen gelir değerlerini kapsamaktadır. Üçüncü veri grubu ise bölgede faydalanılan odun dışı orman ürünü türleri, ürün formları ve yararlanılan bitki kısımlarına ilişkin sınıflandırıcı bilgilerden oluşmaktadır. Bu yönüyle çalışma, yalnızca nicel üretim ve gelir değişimlerini değil; aynı zamanda bölgenin ürün çeşitliliği ve kaynak yapısını da dikkate alan bütüncül bir değerlendirme sunmaktadır.

Çalışmada yöntem olarak doküman incelemesi ve betimsel analiz kullanılmıştır. Kurumsal veri tabloları sistematik biçimde incelenmiş; üretim ve gelir göstergeleri yıllar itibarıyla karşılaştırılarak değişim eğilimleri ortaya konulmuştur. Ayrıca ürün türleri ve kullanım biçimleri değerlendirilerek bölgenin odun dışı orman ürünleri potansiyeli sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm çerçevesinde yorumlanmıştır.

Araştırma, mevcut verilerin ikincil veri analizi yaklaşımıyla değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu doğrultuda veriler; ekonomik katkı, ürün çeşitliliği ve sürdürülebilir kaynak kullanımı boyutlarında ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü ölçeğinde odun dışı orman ürünlerinin mevcut durumunu ortaya koymak ve söz konusu verileri sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

3. Bulgular

Kayseri Orman Bölge Müdürlüğüne ait veriler, odun dışı orman ürünlerinin bölgesel ormancılık faaliyetleri içindeki yerinin son yıllarda belirgin biçimde güçlendiğini göstermektedir. Bulgular; üretim miktarındaki artış, gelir düzeyindeki yükseliş ve ürün/tür çeşitliliğinin genişliği olmak üzere üç temel eksende değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, odun dışı orman ürünlerinin yalnızca tamamlayıcı bir orman çıktısı olmaktan çıkıp, ekonomik değeri artan ve sürdürülebilir kaynak yönetimi açısından stratejik önem taşıyan bir alan hâline geldiğini ortaya koymaktadır.

3.1. Üretim miktarındaki zamansal değişim

Üretim verileri, odun dışı orman ürünlerinde uzun dönemli ve yapısal bir artış eğilimine işaret etmektedir. 2002 yılında 31 bin ton olan üretim miktarı, 2010 yılında 131 bin tona yükselmiştir. Bu değişim, sekiz yıllık dönemde yaklaşık %322,6'lık bir artışa karşılık gelmektedir. Üretim 2015 yılında 206 bin tona ulaşmış ve 2010–2015 döneminde yaklaşık %57,3 oranında artmıştır. 2020 yılında ise üretim 263 bin ton olarak gerçekleşmiş, böylece 2015–2020 dönemindeki artış %27,7 olmuştur.

2021–2024 döneminde üretimde görece sınırlı bir daralma gözlenmiştir. Bu dönemde üretim miktarları sırasıyla 255 bin ton, 241 bin ton, 234 bin ton ve 236 bin ton olarak kaydedilmiştir. Buna göre 2020 yılına kıyasla 2021'de yaklaşık %3,0, 2022'de %8,4, 2023'te %11,0 oranında düşüş söz konusudur. 2024 yılında ise 2023'e göre yaklaşık %0,9'luk sınırlı bir toparlanma görülmektedir. Ancak bu geçici yavaşlama 2025 yılında belirgin biçimde tersine dönmüş; üretim 315 bin ton ile tüm dönem içindeki en yüksek seviyeye ulaşmıştır. 2024–2025 arasındaki artış oranı yaklaşık %33,5'tir.

Genel eğilim dikkate alındığında, 2002–2025 döneminde üretim miktarı 31 bin tondan 315 bin tona yükselmiş; başka bir ifadeyle üretim yaklaşık 10,2 katına çıkmış ve toplam artış oranı %916,1 olmuştur. Bu büyüme, odun dışı orman ürünlerinin bölgedeki ormancılık üretim deseni içinde giderek daha güçlü bir yer edindiğini göstermektedir. Yıllara göre ODOÜ üretim miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yıllara Göre Odun Dışı Orman Ürünleri Üretim Miktarı

Yıl	Üretim Miktarı (bin ton)	Bir önceki döneme göre değişimi (%)
2002	31	-
2010	131	322,6
2015	206	57,3

2020	263	27,7
2021	255	-3,0
2022	241	-5,5
2023	234	-2,9
2024	236	0,9
2025	315	33,5

Tablo 1 incelendiğinde; üretim miktarının uzun dönemli olarak yükseldiği, 2021–2024 arasında sınırlı dalgalanmalar yaşandığı ve 2025 yılında belirgin bir sıçrama gösterdiği görülmektedir. Özellikle 2025 yılı üretim değeri, önceki yıllardaki geçici düşüş eğiliminin aşıldığını ve üretim kapasitesinin yeniden güçlendiğini göstermektedir.

3.2. Gelir düzeyindeki artış ve ekonomik değer üretme kapasitesi

Gelir verileri, odun dışı orman ürünlerinin ekonomik açıdan giderek daha güçlü bir sektör bileşeni hâline geldiğini açık biçimde göstermektedir. 2016 yılında 7.511.773 TL olan gelir düzeyi, 2017 yılında 7.723.623 TL'ye, 2018 yılında 8.104.824 TL'ye ve 2019 yılında 12.649.776 TL'ye yükselmiştir. Bu dönemde gelir artışı görece kademeli bir seyir izlemekle birlikte, 2020 sonrasında artış hızının belirginleştiği görülmektedir. Nitekim gelir 2020 yılında 15.372.734 TL, 2021 yılında 18.191.196 TL, 2022 yılında 33.084.950 TL, 2023 yılında 36.462.394 TL, 2024 yılında 60.104.638 TL ve 2025 yılında 116.767.464 TL olarak kaydedilmiştir.

Bu bulgular, odun dışı orman ürünlerinin ekonomik değerinde özellikle son dört yıllık dönemde belirgin bir ivmelenme yaşandığını ortaya koymaktadır. Gelir artışının üretim artışından daha yüksek bir dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü bu durum, yalnızca fiziksel üretim miktarındaki yükselişi değil; aynı zamanda ürünlerin piyasa değerinde, talep yapısında, kullanım alanlarında veya değerlendirilme biçimlerinde meydana gelen dönüşümü de yansıtıyor olabilir. Başka bir ifadeyle, odun dışı orman ürünleri bölgede yalnızca daha fazla üretilen değil, aynı zamanda daha fazla ekonomik değer üreten bir kaynak grubuna dönüşmektedir.

Özellikle 2024 ve 2025 yıllarındaki gelir artışı, bu ürünlerin bölgesel kalkınma ve kırsal ekonomi açısından yeni fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Bu eğilim, odun dışı orman ürünlerinin ham ürün olarak değerlendirilmesinin ötesinde, işleme, sınıflandırma, paketleme ve pazarlama gibi katma değer oluşturan süreçlerle daha güçlü bir ekonomik yapıya kavuşabileceğini düşündürmektedir. Dolayısıyla gelir verileri, odun dışı orman ürünlerinin yalnızca ekolojik bir varlık değil, aynı zamanda ekonomik planlama açısından da dikkate alınması gereken bir üretim alanı olduğunu ortaya koymaktadır. Yıllara göre ODOÜ elde edilen gelir verileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yıllara Göre Odun Dışı Orman Ürünlerinden Elde Edilen Gelir

Yıl	Gelir (TL)	Bir önceki yıla göre değişim (%)
2016	7.511.773	-
2017	7.723.623	2,8
2018	8.104.824	4,9
2019	12.649.776	56,1
2020	15.372.734	21,5
2021	18.191.196	18,3
2022	33.084.950	81,9
2023	36.462.394	10,2
2024	60.104.638	64,8
2025	116.767.464	94,3

Tablo 2 incelendiğinde; gelir artışının özellikle 2022 sonrasında ivmelendiğini göstermektedir. En dikkat çekici artışlar 2022, 2024 ve 2025 yıllarında görülmektedir. Bu durum, odun dışı orman ürünlerinin ekonomik değerinin yalnızca üretim miktarındaki artışla sınırlı olmadığını; aynı zamanda piyasa görünürlüğü, fiyat düzeyi veya ürünlerin değerlendirilme biçimindeki değişimlerle de ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

3.3. Tür ve ürün deseninin çeşitliliği

Bulgular, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanında odun dışı orman ürünleri bakımından dikkat çekici bir tür ve ürün çeşitliliği bulunduğunu göstermektedir. Verilerde yer alan türler arasında Toros göknarı, Toros sediri, karaçam, ahlat, alıç, sumak, kuşburnu, adaçayı, kekik, lavanta, lavandin, kantaron, çeşitli salep türleri ve kuzugöbeği mantarı bulunmaktadır. Türlere ilişkin bilgiler Tablo 3'te verilmiştir. Bu tablo, bölgenin yalnızca belirli birkaç ürüne dayalı dar bir üretim yapısına sahip olmadığını; aksine farklı ekolojik, ekonomik ve kullanım özellikleri taşıyan geniş bir ürün desenine sahip olduğunu göstermektedir.

Söz konusu çeşitlilik, aynı zamanda ürünlerin yararlanılan kısımlarında da görülmektedir. Meyve, yaprak, çiçek, sürgün, tohum, kozalak, soğan, yumru, rizom ve mantar gövdesi gibi farklı organlardan yararlanılması, bölgedeki odun dışı orman ürünleri kullanımının çok yönlü bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, odun dışı orman ürünleri potansiyelinin yalnızca miktarsal değil, işlevsel ve ekonomik açıdan da çeşitlenmiş olduğunu göstermektedir.

Tür ve ürün desenindeki bu genişlik, sürdürülebilirlik açısından iki yönlü bir anlam taşımaktadır. Bir taraftan çeşitlilik, bölgesel üretim sisteminin tek ürüne bağımlı olmamasını sağlayarak ekonomik esnekliği artırmaktadır. Diğer taraftan ise farklı tür ve ürün gruplarının farklı toplama, hasat ve koruma gereksinimleri bulunması nedeniyle, yönetim sürecinde daha ayrıntılı ve tür bazlı bir planlama ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla bu çeşitlilik, bölge için önemli bir avantaj olmakla birlikte, aynı zamanda sürdürülebilir yönetim kapasitesinin güçlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Tablo 3. Bölgede Yararlanılan Başlıca Odun Dışı Orman Ürünleri

Ürün/Tür grubu	**Örnek türler**	**Yararlanılan başlıca kısımlar**
Ağaç formu	Toros göknarı, Toros sediri, Karaçam,	Kozalak, tohum, reçine,
Ağaççık-çalı formu	Kuşburnu, alıç, ahlat, sumak	Meyve
Otsu formlar	Adaçayı, aslan pençesi, civanperçemi, kekik, nane, dağ papatyası, kantaron, lavanta, lavadin,	Yaprak, çiçek, sürgün
Geofitler	Er salebi, dildamak, katrancık, elçik	Yumru, soğan
Mantarlar	Kuzugöbeği mantarı	Mantar gövdesi

Tablo 3'te görüldüğü üzere bölgedeki odun dışı orman ürünleri portföyü oldukça çeşitlidir. Bu çeşitlilik, bir yandan ürün deseninin ekonomik esnekliğini artırırken, diğer yandan her tür ve ürün grubuna özgü koruma, toplama ve planlama yaklaşımlarını gerekli kılmaktadır. Özellikle geofitler ve mantarlar gibi hassas ürün gruplarında sürdürülebilir yararlanma ilkelerinin daha dikkatli uygulanması önem taşımaktadır.

3.4. Üretim–gelir ilişkisi bağlamında bütüncül değerlendirme

Üretim ve gelir verileri birlikte ele alındığında, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü ölçeğinde odun dışı orman ürünlerinin yalnızca miktar olarak değil, ekonomik karşılık bakımından da giderek güçlenen bir kaynak alanı oluşturduğu anlaşılmaktadır. Üretimdeki artış ile gelirdeki daha güçlü yükseliş birlikte değerlendirildiğinde, bu alanın bölgesel ormancılık politikalarında daha merkezi bir konuma doğru ilerlediği söylenebilir. Başka bir ifadeyle, odun dışı orman ürünleri artık yalnızca yardımcı bir yararlanma alanı değil; ekonomik değeri yüksek, planlama gerektiren ve sürdürülebilir kalkınma açısından dikkate alınması gereken bir kaynak bileşeni niteliği taşımaktadır.

Bölgedeki tür çeşitliliği de bu ekonomik eğilimi desteklemektedir. Çeşitli ürün gruplarının varlığı, hem doğal kaynakların çok yönlü kullanımını mümkün kılmakta hem de farklı pazarlara hitap edebilecek ürün deseninin gelişmesine zemin hazırlamaktadır. Bu bağlamda bulgular, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü'nün odun dışı orman ürünleri bakımından yalnızca mevcut bir üretim potansiyeline değil, aynı zamanda sürdürülebilir kırsal kalkınma ve yeşil ekonomik dönüşüm açısından değerlendirilebilecek stratejik bir kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir.

3.5. Bulguların genel yorumu

Araştırma bulguları genel olarak değerlendirildiğinde üç temel sonuca ulaşılmaktadır. Birincisi, odun dışı orman ürünleri üretimi uzun dönemli bir artış eğilimi göstermekte ve bu durum bölgedeki kaynak kullanımının giderek çeşitlendiğine işaret etmektedir. İkincisi, gelir verileri üretim artışının ötesine geçen daha güçlü bir ekonomik ivmeyi ortaya koymakta; bu da odun dışı orman ürünlerinin piyasa değerinin ve ekonomik görünürlüğünün arttığını düşündürmektedir. Üçüncüsü ise tür ve ürün çeşitliliği, bölgenin bu alanda önemli bir biyolojik ve ekonomik potansiyel taşıdığını göstermektedir.

Bu çerçevede Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü verileri, odun dışı orman ürünlerinin sürdürülebilir ormancılık, yeşil dönüşüm ve bölgesel kalkınma politikaları açısından ihmal edilemeyecek bir alan olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü verileri üzerinden ortaya konulan üretim artışı, gelirdeki ivmelenme ve ürün çeşitliliği, odun dışı orman ürünlerinin bölgesel ormancılık sistemi içinde giderek daha görünür bir konum kazandığını göstermektedir. Ancak bu bulguların asıl önemi, yalnızca ekonomik büyüklük artışında değil; bu artışın yeşil dönüşüm bağlamında nasıl okunabileceğinde ortaya çıkmaktadır. Çünkü odun dışı orman ürünleri, klasik anlamda yüksek çevresel baskı oluşturan endüstriyel üretim biçimlerinden farklı olarak, uygun planlama koşullarında doğal sermayeyi koruyarak ekonomik değer üretme potansiyeline sahiptir. Akdeniz bölgesine ilişkin ekonomik değerleme çalışmaları da bu ürünlerin kırsal refah, bölgesel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma açısından sanılandan daha yüksek bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Kayseri'de gözlenen gelir artışı, yalnızca piyasa başarısı olarak değil; yerel doğal kaynakların yeşil ekonomi ilkeleri doğrultusunda daha görünür hâle gelmesi olarak da yorumlanabilir (Croitoru, 2007).

Araştırmada gelir artışının üretim artışından daha hızlı gerçekleşmesi, odun dışı orman ürünlerinin sadece hacim bakımından değil, değer üretme kapasitesi bakımından da güçlendiğini düşündürmektedir. Bu durum, yeşil dönüşümün temel bileşenlerinden biri olan katma değerli ve düşük etkili üretim anlayışıyla doğrudan ilişkilidir. Odun dışı orman ürünleri çoğu durumda yerel toplama, küçük ölçekli işleme, kurutma, sınıflandırma, paketleme ve pazarlama süreçleriyle ekonomik değeri artırılabilen ürünlerdir. Avrupa'daki girişimcilik odaklı çalışmalar, bu sektörün çoğunlukla küçük ölçekli ve aile temelli işletmelere dayandığını; buna karşın yenilik, ağ desteği ve uygun kurumsal çerçeve ile kırsal gelir yaratma kapasitesinin ciddi biçimde büyüyebildiğini göstermektedir (Ludvig vd., 2016). Bu çerçevede Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü verilerinde görülen hızlı gelir artışı, bölgenin yalnızca hammadde üretiminde değil, potansiyel olarak yerel yeşil değer zincirlerinin geliştirilmesinde de önemli bir kapasite taşıdığına işaret etmektedir.

Bununla birlikte, yeşil dönüşüm perspektifi yalnızca ekonomik büyümenin çevreci bir dille yeniden adlandırılması değildir. Tam tersine, bu perspektif ekonomik faaliyetlerin ekolojik sınırlar içinde sürdürülmesini gerektirir. Bu nedenle odun dışı orman ürünlerindeki büyüme eğilimi, aynı zamanda sürdürülebilir hasat, izleme ve yönetişim gereksinimini de beraberinde getirir. Belcher ve Schreckenberg (2007)'in vurguladığı gibi, odun dışı orman ürünlerinin ticarileştirilmesi her zaman otomatik olarak hem koruma hem refah üretmez; uygun düzenlemeler olmadığı takdirde tür popülasyonları üzerinde baskı, piyasa bağımlılığı ve yerel aktörler açısından kırılganlık yaratabilir. Bu tespit, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü'nde üretim ve gelir artışını olumlu bir gelişme olarak kabul ederken, bu büyümenin hangi türlerde, hangi yoğunlukta ve hangi denetim çerçevesi içinde gerçekleştiğinin de izlenmesi gerektiğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle, odun dışı orman ürünlerinin yeşil dönüşüm aracı olabilmesi, ancak kontrollü ve bilimsel yönetime dayalı bir kullanım rejimi ile mümkündür.

Bu bağlamda ürün ve tür çeşitliliği, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü için hem bir avantaj hem de bir yönetim sorumluluğu doğurmaktadır. Meyveli türler, tıbbi-aromatik bitkiler, mantarlar ve geofitler gibi farklı grupların aynı bölgesel sistem içinde yer alması, ekonomik esneklik ve ürün çeşitlendirmesi açısından olumlu bir tablodur. Ancak her ürün grubunun yenilenme kapasitesi, hasat hassasiyeti ve ekolojik rolü farklıdır. Ticktin (2004)'in kapsamlı değerlendirmesi, odun dışı orman ürünü hasadının birey, popülasyon, topluluk ve ekosistem düzeylerinde etkiler yaratabildiğini ve bu nedenle tek tip yönetim yaklaşımının ekolojik açıdan yetersiz kalacağını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Kayseri'de yeşil dönüşümden söz edebilmek için, tür çeşitliliğini sadece ekonomik fırsat

olarak değil; ürün bazlı sürdürülebilir yönetim zorunluluğu olarak da değerlendirmek gerekir. Bu nokta özellikle yumru, rizom, soğan veya hassas generatif organların kullanıldığı türlerde daha kritik hâle gelmektedir.

Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü verileri aynı zamanda odun dışı orman ürünlerinin kırsal yeşil kalkınma için işlevsel bir araç olabileceğini de düşündürmektedir. Çünkü bu ürünler, çoğu zaman yüksek altyapı maliyeti gerektirmeden, yerel bilgi ve doğa temelli üretim pratikleriyle ekonomik değere dönüştürülebilmektedir. Bu yönüyle odun dışı orman ürünleri; kırsal alanda yerel üreticiyi sistem içinde tutan, doğal kaynakla ekonomik faaliyet arasındaki bağı koparmadan gelir oluşturan ve bölgesel kalkınmayı daha çevre uyumlu bir hatta taşıyan bir araç olarak görülebilir. Özellikle tıbbi-aromatik bitkiler, yabani meyveler ve mantar gibi ürünler bakımından yerel işleme ve markalaşma olanaklarının geliştirilmesi, yeşil dönüşümün saha düzeyindeki karşılığı olan katma değerli doğa temelli ekonomi için güçlü bir zemin oluşturabilir. Bu yönüyle odun dışı orman ürünleri, kırsal bölgelerde karbon yoğun ve yüksek girdili kalkınma modellerine karşı daha düşük etkili bir ekonomik seçenek sunmaktadır (Croitoru, 2007).

Özetle, bu çalışmanın bulguları odun dışı orman ürünlerini yalnızca mevcut ekonomik getiri açısından değil; doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, yerel değer zincirlerinin güçlendirilmesi, kırsal refahın desteklenmesi ve yeşil ekonomi ilkelerinin somutlaştırılması açısından da değerlendirmek gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü örneği, odun dışı orman ürünlerinin yeşil dönüşüm söylemi içinde sembolik değil, doğrudan uygulamaya dönük bir araç olarak ele alınabileceğini ortaya koymaktadır. Ancak bu potansiyelin gerçekleşebilmesi; envanter, tür bazlı planlama, sürdürülebilir hasat ölçütleri, izleme sistemleri ve yerel işleme kapasitesinin eş zamanlı biçimde güçlendirilmesine bağlıdır.

Sonuç olarak bu çalışma, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü verileri temelinde odun dışı orman ürünlerinin üretim ve gelir bakımından belirgin bir büyüme gösterdiğini, ürün desenindeki çeşitliliğin ise bu büyümeyi destekleyen yapısal bir avantaj sunduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, odun dışı orman ürünlerinin yalnızca ormancılık faaliyetlerinin tamamlayıcı bir unsuru olmadığını; aynı zamanda yeşil dönüşüm, yeşil ekonomi ve sürdürülebilir kırsal kalkınma hedefleri açısından stratejik bir doğal kaynak alanı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bu potansiyelin uzun vadede korunabilmesi için tür bazlı envanter çalışmalarının geliştirilmesi, sürdürülebilir hasat eşiklerinin belirlenmesi, ürünlerin amenajman ve planlama süreçlerine daha güçlü biçimde entegre edilmesi ve katma değerli yerel işleme-pazarlama zincirlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Bu çerçevede odun dışı orman ürünleri, doğal kaynakların düşük etkili kullanımı ile ekonomik değer üretimini bir araya getiren, çevresel koruma ile kırsal refahı aynı eksende buluşturabilen önemli bir yeşil dönüşüm aracı olarak değerlendirilmelidir.

Kaynakça

Belcher, B., & Schreckenberg, K. (2007). Commercialisation of non-timber forest products: A reality check. *Development Policy Review*, *25*(3), 355-377.

Croitoru, L. (2007). Valuing the non-timber forest products in the Mediterranean region. *Ecological Economics*, *63*(4), 768-775.

Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., ... & Mavsar, R. (2020). Non-wood forest products in Europe–A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, *116*, 102175.

Ludvig, A., Tahvanainen, V., Dickson, A., Evard, C., Kurttila, M., Cosovic, M., ... & Weiss, G. (2016). The practice of entrepreneurship in the non-wood forest products sector: Support for innovation on private forest land. *Forest Policy and Economics*, *66*, 31-37.

Mumcu Küçüker, D., & Başkent, E. Z. (2017). Sustaining the joint production of timber and Lactarius mushroom: A case study of a forest management planning unit in Northwestern Turkey. *Sustainability*, *9*(1), 92.

Shackleton, C. M., & Pandey, A. K. (2014). Positioning non-timber forest products on the development agenda. Forest Policy and Economics, 38, 1-7.

Sheppard, J. P., Chamberlain, J., Agúndez, D., Bhattacharya, P., Chirwa, P. W., Gontcharov, A., ... & Mutke, S. (2020). Sustainable forest management beyond the timber-oriented status quo: transitioning to co-production of timber and non-wood forest products—a global perspective. *Current Forestry Reports*, *6*(1), 26-40.

Suleiman, M. S., Wasonga, V. O., Mbau, J. S., Suleiman, A., & Elhadi, Y. A. (2017). Non-timber forest products and their contribution to households income around Falgore Game Reserve in Kano, Nigeria. *Ecological Processes*, *6*(1), 23.

Ticktin, T. (2004). The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, *41*(1), 11-21.

Weiss, G., Ludvig, A., & Živojinović, I. (2023). Embracing the Non-Wood Forest Products Potential for Bioeconomy—Analysis of Innovation Cases across Europe. *Land*, *12*(2), 305.

YEŞİL YAZILIM YAKLAŞIMLARI İLE SIRALAMA ALGORİTMALARININ ANALİZİ

ANALYSIS OF SORTING ALGORITHMS WITH GREEN SOFTWARE APPROACHES

Öğr. Gör. Ece ECEMİŞ[1]
Arş. Gör. Emre Can KURAN[2]

Özet

Bu çalışma, yeşil yazılım yaklaşımları çerçevesinde beş sıralama algoritmasının enerji verimliliğini deneysel olarak incelemektedir. Veri merkezleri küresel elektrik tüketiminin yaklaşık %1–1,5'ini oluşturmakta olup bu oranın 2026'ya kadar %4'e ulaşması beklenmektedir. Çalışmada Bubble Sort, Insertion Sort, Merge Sort, Quick Sort ve Tim Sort algoritmaları Python'da uygulanmış; 1.000, 5.000 ve 10.000 elemanlık veri setleri üzerinde rastgele, artan ve azalan sıralı dağılımlarla test edilmiştir. Her konfigürasyon 10 kez tekrarlanmış, sonuçlar Wilcoxon işaretli sıralar testi ile değerlendirilmiştir. Enerji tüketimi, işlemci TDP değeri (15 W) ile çalışma süresinin çarpımıyla tahmin edilmiştir. Sonuçlar, O(n log n) algoritmalarının O(n^2) algoritmalara göre 100 kata kadar daha az enerji tükettiğini göstermektedir. Tim Sort tüm senaryolarda en verimli algoritma olmuştur. Tüm algoritma çiftleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Çalışma, yazılım geliştirmede enerji verimliliğinin bir tasarım kriteri olarak benimsenmesini önermektedir.

Anahtar kelimeler: *Yeşil Yazılım, Enerji Verimli Algoritmalar, Sürdürülebilirlik*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, ece.ecemis@bozok.edu.tr
[2] Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, ekuran@bandirma.edu.tr

Abstract

This study experimentally examines the energy efficiency of five sorting algorithms within the green software framework. Data centers account for approximately 1–1.5% of global electricity consumption, a share expected to reach 4% by 2026. Bubble Sort, Insertion Sort, Merge Sort, Quick Sort, and Tim Sort were implemented in Python and tested on datasets of 1,000, 5,000, and 10,000 elements under random, ascending, and descending distributions. Each configuration was repeated 10 times, and results were evaluated using the Wilcoxon signed-rank test. Energy consumption was estimated by multiplying processor TDP (15 W) by execution time. Results show that O(n log n) algorithms consume up to 100 times less energy than $O(n^2)$ algorithms. Tim Sort was the most efficient algorithm across all scenarios. All pairwise differences were statistically significant ($p < 0.05$). The study recommends adopting energy efficiency as a design criterion in software development.

Keywords: *Green Software, Energy Efficient Algorithms, Sustainability*

1. Giriş

Dijitalleşmenin hız kazanması, bilgi ve iletişim teknolojilerini (BİT) ekonomik, sosyal ve çevresel sistemlerin temel bileşeni hâline getirmiştir. Yapay zekâ uygulamaları, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği ve bulut bilişim çözümleri, yüksek hesaplama gücü ve büyük veri depolama kapasitesi gerektirmektedir. Bu durum, veri merkezlerinin enerji tüketimini artırmakta ve karbon emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Masanet ve diğerleri (2020), verimlilik kazanımlarının bu artışı önemli ölçüde frenlediğini göstermekle birlikte, artan talep karşısında proaktif politikaların sürdürülmesi gerektiğini vurgulamıştır. IEA (2024) raporuna göre, küresel veri merkezi enerji tüketiminin 2026'ya kadar 1.000 TWh'yi aşabileceği öngörülmektedir. Andrae ve Edler (2015), iletişim teknolojilerinin 2010-2030 yılları arasındaki küresel elektrik tüketimini üç farklı senaryo ile modelleyerek, en kötü senaryoda bu teknolojilerin 2030 yılında küresel elektriğin %51'ine ulaşabileceğini öngörmüştür. Bu projeksiyon, yazılım düzeyinde enerji verimliliği iyileştirmelerinin önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Yazılım sistemlerinin enerji verimliliği, yalnızca donanım optimizasyonu ile sağlanamaz; yazılımın tasarımından geliştirilmesine kadar tüm süreçlerin enerji etkileri açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Yeşil yazılım (Green Software) paradigması, yazılımın yaşam döngüsü boyunca enerji tüketimini minimize etmeyi ve çevresel etkileri azaltmayı amaçlamaktadır (Calero ve Piattini, 2015; Naumann ve diğ., 2011). Hilty ve Aebischer (2015), BİT'in sürdürülebilirlik üzerindeki ikili etkisini (BİT'te sürdürülebilirlik ve BİT ile sürdürülebilirlik) kavramsal olarak çerçeveleyerek, yazılım ve donanım tasarımında enerji verimliliğinin bir tasarım kriteri olarak benimsenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu bakış açısı, yeşil yazılım paradigmasının temelini oluşturmaktadır.

Algoritmalar, yazılım sistemlerinin performansını ve enerji tüketimini doğrudan etkileyen temel yapı taşlarıdır. Zaman karmaşıklığı yüksek algoritmalar, veri boyutu arttıkça çalışma sürelerini ve enerji tüketimini ciddi şekilde artırabilir (Knuth, 1998). Pereira ve diğerlerinin (2021) programlama dillerinin enerji verimliliği üzerine yaptığı kapsamlı çalışma, algoritma ve dil seçiminin enerji tüketimini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Manotas ve diğerleri (2016), 464 yazılım mühendisi ile yaptıkları anket çalışmasında, ankete katılan 464 yazılım mühendisinin %40'ının projelerinde enerji kullanımına ilişkin gereksinimlere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Sıralama algoritmalarının enerji tüketimi üzerine yapılan önceki çalışmalarda, Rashid ve diğerleri (2015) farklı algoritma uygulamalarının enerji profillerini karşılaştırmış, Bunse ve diğerleri (2009) ise gömülü sistemlerde sıralama algoritmalarının enerji davranışlarını incelemiştir. Bu çalışmalar önemli bulgular sunmakla birlikte, çoğu tek bir veri boyutu veya dağılım senaryosu ile sınırlı kalmıştır.

Bu çalışma, mevcut literatürden farklı olarak: (1) beş farklı sıralama algoritmasını eş anlı olarak karşılaştırmakta, (2) üç farklı veri dağılımı senaryosu ile algoritmaların en iyi, ortalama ve en kötü durum enerji davranışlarını ortaya koymakta, (3) çoklu veri boyutlarında (1K, 5K, 10K) ölçeklenme davranışını incelemekte ve (4) Wilcoxon işaretli sıralar testi ile istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar sunmaktadır.

2. Yöntem

2.1. Veri Seti ve Deneysel Tasarım

Deneyler, üç farklı boyutta (n = 1.000, 5.000, 10.000) ve üç farklı dağılımda (rastgele, artan sıralı, azalan sıralı) oluşturulan veri setleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Rastgele dağılımda elemanlar 1 ile 100.000 arasında tamsayılar olarak Python'un random modülü ile üretilmiştir. Her konfigürasyon için 10 bağımsız tekrar yapılmış ve sonuçların ortalaması ile standart sapması raporlanmıştır.

Üç farklı dağılım senaryosu, algoritmaların farklı koşullar altındaki enerji davranışlarını analiz etmeyi amaçlamaktadır. Rastgele dağılım gerçek dünya senaryolarını, artan sıralı dağılım en iyi durum analizini, azalan sıralı dağılım ise en kötü durum analizini temsil etmektedir.

2.2. Test Edilen Algoritmalar

Bu çalışmada beş sıralama algoritması test edilmiştir. Bubble Sort, sıralı veri durumunda gereksiz geçişlerden kaçınmak amacıyla takas bayrağı (swap flag) kullanan optimize edilmiş varyantı ile uygulanmıştır; bu varyantta bir geçiş boyunca hiçbir takas yapılmazsa döngü erken sonlandırılır. Bubble Sort'un en iyi durum karmaşıklığı bu sayede O(n)'e düşmekte, en kötü ve ortalama durum karmaşıklığı ise $O(n^2)$ olarak kalmaktadır. Insertion Sort

standart hâliyle uygulanmış olup en iyi durumda O(n), en kötü durumda O(n²) karmaşıklığına sahiptir. Merge Sort ve Quick Sort O(n log n) ortalama karmaşıklığına sahip algoritmalardır; Quick Sort uygulamasında pivot olarak ortanca eleman (median-of-three) seçilmiştir. Tim Sort ise Python'un yerleşik (C tabanlı) sıralama algoritması olup Merge Sort ile Insertion Sort'un hibrit bir kombinasyonudur (Peters, 2002).

2.3. Ölçüm Yöntemi ve Enerji Modeli

Algoritmaların çalışma süreleri Python'un time.perf_counter() fonksiyonu ile yüksek çözünürlüklü olarak ölçülmüştür. Enerji tüketimi aşağıdaki Denklem (1) modeli ile tahmin edilmiştir:

$$E = PCPU \times t \ (Joule) \qquad (1)$$

Burada PCPU, işlemcinin termal tasarım gücü (TDP = 15W, tipik bir dizüstü bilgisayar işlemcisi için) ve t, algoritmanın ortalama çalışma süresidir (saniye cinsinden). Bu modelde TDP, işlemcinin maksimum termal tasarım gücünü temsil etmektedir; dolayısıyla hesaplanan enerji değerleri, işlemcinin tüm süre boyunca %100 kapasitede çalıştığı varsayımına dayalı teorik bir üst sınır (proxy) tahminidir. Gerçek anlık güç tüketimi; iş yükü yoğunluğuna, dinamik frekans ölçeklendirmeye (DVFS), önbellek davranışına ve arka plan süreçlerine bağlı olarak TDP değerinin altında kalmaktadır. Bu nedenle aşağıda raporlanan Joule değerleri kesin (mutlak) enerji tüketimi olarak değil, algoritmalar arası karşılaştırmalı bir göstergesi olarak yorumlanmalıdır. Yöntemin tutarlılığı, tüm algoritmaların aynı varsayım altında değerlendirilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yaklaşım, doğrudan güç ölçümü yapan araçlar (Intel RAPL, CodeCarbon gibi) kadar hassas olmasa da, algoritma karşılaştırmaları için tutarlı ve tekrarlanabilir bir proxy metrik sağlamaktadır (Pereira ve diğ., 2021). Tüm ölçümler aynı donanım ve işletim sistemi üzerinde, arka plan süreçleri minimize edilerek gerçekleştirilmiştir.

2.4. İstatistiksel Analiz

Algoritma çiftleri arasındaki çalışma süresi farklarının istatistiksel anlamlılığını değerlendirmek için Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Bu parametrik olmayan test, eşleştirilmiş örnekler için uygun olup, verinin normal dağılım varsayımını gerektirmez. Anlamlılık düzeyi $\alpha = 0{,}05$ olarak belirlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Çalışma Süresi ve Enerji Tüketimi Sonuçları

Tablo 1'de rastgele dağılımlı veri setleri üzerinde elde edilen ortalama çalışma süreleri ve tahmini enerji tüketimleri gösterilmektedir. *E (J) değerleri $E = P_CPU \times t$ (P_CPU = 15 W TDP) formülü ile hesaplanmış teorik üst sınır tahminleridir; mutlak enerji tüketimi değildir. Bubble Sort ve Insertion Sort algoritmaları için n = 10.000 ölçümleri rapora dâhil edilmemiştir; çünkü 10 tekrarlı deney protokolünde tek bir koşumun çalışma süresi belirlenen zaman aşımı eşiğini (60 s) aşmıştır. Bu durum O(n²) algoritmalarının ölçeklenme davranışı ile uyumludur ve gözlemin kendisi, çalışmanın temel bulgularından birini destekler niteliktedir.

Tablo 1. Rastgele dağılımlı veri setlerinde ortalama çalışma süreleri ve TDP tabanlı tahmini (proxy) enerji tüketimleri.

Algoritma	t (s) n=1K	E (J) n=1K	t (s) n=5K	E (J) n=5K	t (s) n=10K	E (J) n=10K
Bubble Sort	0.0342	0.5130	0.8513	12.7698	–	–
Insertion Sort	0.0131	0.1960	0.3512	5.2684	–	–
Merge Sort	0.0011	0.0163	0.0073	0.1102	0.0153	0.2290
Quick Sort	0.0009	0.0131	0.0054	0.0803	0.0127	0.1905
Tim Sort	0.0001	0.0011	0.0005	0.0078	0.0012	0.0175

Tablo 2, n = 5.000 eleman için üç farklı dağılım senaryosundaki çalışma sürelerini karşılaştırmaktadır.
Tablo 2. n = 5.000 için farklı veri dağılımlarına göre çalışma süreleri.

Algoritma	Rastgele (s)	Artan Sıralı (s)	Azalan Sıralı (s)	Fark Oranı
Bubble Sort	0.851319	0.000183	1.078428	5885.7x

Insertion Sort	0.351226	0.000295	0.669403	2272.4x
Merge Sort	0.007345	0.005056	0.004291	1.7x
Quick Sort	0.005355	0.003411	0.003869	1.6x
Tim Sort	0.000522	0.000012	0.000019	44.0x

3.2. İstatistiksel Analiz Sonuçları

Tablo 3, rastgele dağılımlı n = 5.000 elemandan oluşan veri seti üzerinde Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçlarını göstermektedir. Tüm algoritma çiftleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).
Tablo 3. Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları (rastgele dağılım, n = 5.000, $\alpha = 0,05$).

Algoritma Çifti	W İstatistiği	p değeri	Anlamlı?
Bubble Sort vs Insertion Sort	0.00	0.001953	Evet
Bubble Sort vs Merge Sort	0.00	0.001953	Evet
Bubble Sort vs Quick Sort	0.00	0.001953	Evet
Bubble Sort vs Tim Sort	0.00	0.001953	Evet
Insertion Sort vs Merge Sort	0.00	0.001953	Evet
Insertion Sort vs Quick Sort	0.00	0.001953	Evet
Insertion Sort vs Tim Sort	0.00	0.001953	Evet
Merge Sort vs Quick Sort	0.00	0.001953	Evet
Merge Sort vs Tim Sort	0.00	0.001953	Evet
Quick Sort vs Tim Sort	0.00	0.001953	Evet

Tablo 3'te tüm karşılaştırmalar için W istatistiğinin 0,00 ve p değerinin 0,001953 olarak raporlanması bir hesaplama hatası değil, deney tasarımının doğal bir sonucudur. Wilcoxon işaretli sıralar testinde, eşleştirilmiş n = 10 örnek için tüm farkların aynı yönde olması durumunda işaretli sıralar toplamı sıfır olur ve iki yönlü p değeri teorik alt sınır olan $2 / 2^{10} \approx 0,001953$ değerine ulaşır. Çalışmamızda her algoritma çifti için 10 bağımsız tekrarın tamamında hızlı algoritmanın yavaş algoritmadan daha kısa sürede sonuçlandığı gözlemlenmiş; dolayısıyla tüm karşılaştırmalarda bu teorik minimum p değerine ulaşılmıştır. Bu sonuç, algoritmalar arasındaki performans farkının yalnızca istatistiksel olarak anlamlı değil, aynı zamanda tutarlı ve yön değiştirmeyen bir fark olduğunu göstermektedir.

3.3. Temel Bulgular

Deneysel sonuçlar şu temel bulguları ortaya koymaktadır:
(1) O(n log n) algoritmaları, O(n2) algoritmalarına kıyasla çok daha az enerji tüketmektedir. n = 5.000 rastgele veri setinde Quick Sort, Bubble Sort'a göre %99.4 daha az enerji tüketmiştir. Tim Sort ise %99.9 enerji tasarrufu sağlamıştır.
(2) Veri dağılımı, enerji tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir. Bubble Sort, sıralı veride neredeyse sıfır enerji tüketirken (takas bayrağı optimizasyonu sayesinde tek geçişte erken sonlanarak), ters sıralı veride en yüksek enerji tüketimini göstermektedir. Quick Sort ise median pivot seçimi sayesinde tüm dağılımlarda tutarlı performans sergilemiştir.
(3) Tim Sort, Python'un C tabanlı yerleşik uygulaması sayesinde, tüm senaryolarda en düşük çalışma süresi ve enerji tüketimini göstermiştir. Bu durum, programlama dilinin çalışma zamanı optimizasyonlarının algoritma karmaşıklığının ötesinde enerji verimliliği üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.
(4) Tüm algoritma çiftleri arasındaki çalışma süresi farkları istatistiksel olarak anlamlıdır (Wilcoxon testi, $p < 0,05$).

4. Tartışma

Deneysel sonuçlar, algoritma karmaşıklığının enerji tüketimi üzerinde belirleyici olduğunu doğrulamaktadır. O(n2) karmaşıklığındaki Bubble Sort ve Insertion Sort, büyük veri setlerinde çalışma sürelerini ve enerji tüketimini katlanarak artırmış; O(n log n) karmaşıklığındaki Merge Sort, Quick Sort ve Tim Sort ise ölçeklenebilir ve enerji verimli sonuçlar vermiştir.

Bu bulgular, Pereira ve diğerlerinin (2021) programlama dillerinin enerji verimliliği üzerine yaptığı çalışma ile uyumludur. Anılan çalışmada, algoritma ve dil seçiminin enerji tüketimini on kata kadar değiştirebileceği gösterilmiştir. Benzer şekilde, Rashid ve diğerleri (2015) farklı algoritma uygulamalarının enerji profillerinin önemli ölçüde farklılaştığını ortaya koymuştur.

Veri dağılımının enerji tüketimi üzerindeki etkisi, literatürde yeterince vurgulanmamış bir bulgudur. Özellikle Bubble Sort'un sıralı verideki erken sonlanma davranışı, en iyi ve en kötü durum arasında binlerce kat enerji farkı oluşturmuştur. Bu sonuç, yazılım mühendislerinin yalnızca ortalama durum değil, girdinin beklenen dağılımını da dikkate alması gerektiğini göstermektedir.

Tim Sort'un üstün performansı, saf algoritma karmaşıklığının ötesinde, uygulamanın optimizasyon düzeyinin (C ile derlenmiş yerleşik kod vs. yorumlanan Python kodu) enerji verimliliği üzerindeki kritik etkisini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, yeşil yazılım perspektifinden bakıldığında, algoritmik karmaşıklık analizinin yanı sıra uygulama katmanı optimizasyonlarının da dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir.

4.1. Sınırlılıklar

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları vardır: (1) Enerji tüketimi doğrudan ölçülmemiş, TDP tabanlı bir proxy model ile tahmin edilmiştir. Gelecek çalışmalarda Intel RAPL veya CodeCarbon gibi doğrudan güç ölçüm araçları kullanılabilir. (2) Deneyler tek bir donanım ve işletim sistemi üzerinde gerçekleştirilmiş olup, farklı platformlardaki sonuçlar farklılık gösterebilir. (3) Yalnızca sıralama algoritmaları incelenmiş olup, graf, arama veya makine öğrenmesi algoritmaları kapsam dışında bırakılmıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, yeşil yazılım perspektifinden beş sıralama algoritmasının enerji verimliliği deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlar, algoritma seçiminin yazılım enerji tüketimini doğrudan ve anlamlı şekilde etkilediğini ortaya koymaktadır. Temel öneriler şunlardır:

(1) Yazılım geliştirme süreçlerinde, işlevsellik ve performansın yanı sıra enerji verimliliği de bir tasarım kriteri olarak değerlendirilmelidir.
(2) Büyük ölçekli sistemlerde O(n log n) veya daha verimli algoritmaların tercih edilmesi, önemli enerji ve maliyet tasarrufu sağlayabilir.
(3) Yerleşik, optimize edilmiş kütüphane fonksiyonları (örneğin Python'un sorted() fonksiyonu), sıfırdan yazılan uygulamalara tercih edilmelidir.
(4) Gelecek çalışmalarda, doğrudan enerji ölçüm araçları (Intel RAPL, CodeCarbon) kullanılarak daha kesin sonuçlar elde edilmeli ve graf, arama, makine öğrenmesi gibi farklı algoritma sınıflarının enerji profilleri incelenmelidir.

Bu çalışma, algoritma karmaşıklığının enerji tüketimi üzerindeki etkisini somut verilerle ve istatistiksel olarak destekleyerek yeşil yazılım literatürüne katkı sağlamaktadır.

Kaynakça

Andrae, A. S., & Edler, T. (2015). On global electricity usage of communication technology: Trends to 2030. Challenges, 6(1), 117–157. https://doi.org/10.3390/challe6010117

Bunse, C., Höpfner, H., Mansour, E., & Roychoudhury, S. (2009). Exploring the energy consumption of data sorting algorithms in embedded and mobile environments. Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Data Management (MDM), 600–607. IEEE.

Calero, C., & Piattini, M. (2015). Green in Software Engineering. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08581-4

Hilty, L. M., & Aebischer, B. (2015). ICT Innovations for Sustainability. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09228-7

IEA (2024). Electricity 2024: Analysis and Forecast to 2026. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/electricity-2024

Knuth, D. E. (1998). The Art of Computer Programming, Vol. 3: Sorting and Searching (2nd ed.). Addison-Wesley.

Manotas, I., Bird, C., Zhang, R., Shepherd, D., Jaspan, C., Sadowski, C., Pollock, L., & Clause, J. (2016). An empirical study of practitioners' perspectives on green software engineering. Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering (ICSE), 237–248. ACM. https://doi.org/10.1145/2884781.2884810

Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. Science, 367(6481), 984–986. https://doi.org/10.1126/science.aba3758

Naumann, S., Dick, M., Kern, E., & Johann, T. (2011). The GREENSOFT model: A reference model for green and sustainable software and its engineering. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 1(4), 294–304. https://doi.org/10.1016/j.suscom.2011.06.004

Pereira, R., Couto, M., Ribeiro, F., Rua, R., Cunha, J., Fernandes, J. P., & Saraiva, J. (2021). Ranking programming languages by energy efficiency. Science of Computer Programming, 205, 102609. https://doi.org/10.1016/j.scico.2021.102609

Peters, T. (2002). Timsort. Python Dev. https://github.com/python/cpython/blob/main/Objects/listsort.txt

Rashid, M., Ardito, L., & Torchiano, M. (2015). Energy consumption analysis of algorithms implementations. Proceedings of the 2015 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), 1–4. IEEE. https://doi.org/10.1109/ESEM.2015.7321198

YAPAY ZEKÂ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÇELİŞKİSİ: FARKLI MODEL TÜRLERİNİN ENERJİ TÜKETİMİ

THE CONFLICT BETWEEN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SUSTAINABILITY: ENERGY CONSUMPTOON OF DIFFERENT MODEL TYPES

Arş. Gör. Emre Can KURAN[1]
Öğr. Gör. Ece ECEMİŞ[2]

Özet

Bu çalışma, farklı ölçeklerdeki YZ modellerinin ince ayar sürecindeki enerji tüketimini ve karbon ayak izini deneysel olarak incelemektedir. GPT-3 eğitiminin 1.287 MWh enerji tüketip 552 ton CO_2e saldığı raporlanmış olup, yazılım düzeyinde enerji verimliliği stratejileri zorunlu hale gelmiştir. Çalışmada BERT-tiny, BERT-mini, DistilBERT, BERT-base ve GPT-2 small modelleri SST-2 duygu analizi görevinde NVIDIA A100 GPU üzerinde ince ayar yapılarak test edilmiştir. Enerji tüketimi CodeCarbon aracıyla gerçek zamanlı ölçülmüştür. Sonuçlar, GPT-2'nin (124M parametre) BERT-tiny'ye (4,4M parametre) kıyasla 4,5 kat daha fazla enerji tükettiğini göstermektedir. DistilBERT, BERT-base doğruluğunun %96,2'sini korurken enerjisinin yalnızca %54,9'unu kullanmıştır. En çarpıcı bulgu, ince ayarın tam eğitime kıyasla yaklaşık 1.476.000 kat daha az enerji tüketmesidir. Çalışma; ince ayar öncelikli yaklaşımın benimsenmesini, göreve uygun model seçimini ve bilgi damıtma tekniklerinin yaygınlaştırılmasını önermektedir.

Anahtar kelimeler: *Yapay Zekâ, Sürdürülebilirlik, Enerji Verimliliği*

[1] Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, ekuran@bandirma.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, ece.ecemis@bozok.edu.tr

Abstract

This study experimentally examines the energy consumption and carbon footprint of fine-tuning AI models at different scales. Training GPT-3 reportedly consumed 1,287 MWh of energy and emitted 552 tons of CO_2e, highlighting the need for software-level energy efficiency strategies. Five models (BERT-tiny, BERT-mini, DistilBERT, BERT-base, and GPT-2 small) were fine-tuned on the SST-2 sentiment analysis task using an NVIDIA A100 GPU. Energy consumption was measured in real time using CodeCarbon. Results show that GPT-2 (124M parameters) consumes 4.5 times more energy than BERT-tiny (4.4M parameters). DistilBERT retained 96.2% of BERT-base accuracy while using only 54.9% of its energy. The most striking finding is that fine-tuning consumes approximately 1,476,000 times less energy than full training. The study recommends adopting fine-tuning-first approaches, task-appropriate model selection, and wider use of knowledge distillation techniques.

Keywords: *Artificial Intelligence, Sustainability, Energy Efficiency*

1.Giriş

Yapay zekâ (YZ) teknolojileri, son on yılda sağlık, finans, ulaşım ve bilgi teknolojileri alanlarında köklü değişikliklere yol açmıştır. Derin öğrenme, makine öğrenimi ve doğal dil işleme gibi alt dallar, büyük veri kümelerinden anlamlı örüntüler çıkarmada dikkat çekici başarılar elde etmiştir (LeCun, Bengio ve Hinton, 2015). Özellikle 2017 sonrasında Transformer mimarisinin ortaya çıkması ile birlikte, büyük dil modelleri (BDM) muazzam boyutlara ulaşarak doğal dil anlama ve üretme alanlarında çığır açıcı ilerlemeler kaydetmiştir.

Ancak bu başarıların arkasında göz ardı edilemeyecek bir çevresel maliyet yatmaktadır. Strubell vd. (2019), bir Transformer modelinin mimari arama sürecinin yaklaşık 284 ton CO2 salımına ulaşabileceğini raporlamıştır. Ancak Patterson vd. (2021), bu tahminin gerçek değerden yaklaşık 88 kat fazla olduğunu, aslında Google veri merkezlerinde yapılan aramanın yalnızca 3.2 tCO2e (yaklaşık ~7.055 lbs) ve 7.5 MWh enerji tükettiğini göstermiştir (Patterson vd., 2021, s.8). Schwartz vd. (2020), "Yeşil YZ" (Green AI) kavramını tanımlayarak enerji verimliliğinin model doğruluğu yanında bir başarı ölçütü olarak değerlendirilmesini savunmuştur. Patterson vd. (2021), GPT-3 eğitiminin 1.287 MWh enerji tüketip 552 ton CO2e saldığını hesaplamıştır.

Bu çalışmanın amacı, farklı ölçeklerdeki YZ modellerinin ince ayar sürecindeki enerji tüketimini CodeCarbon açık kaynak aracı ile deneysel olarak ölçmek ve literatürde raporlanan tam eğitim değerleriyle karşılaştırmaktır. Çalışma; (i) beş farklı modelin aynı koşullarda deneysel olarak ölçülmesi, (ii) enerji-doğruluk dengesi analizinin sunulması, (iii) ince ayar ile tam eğitim arasındaki enerji farkının somut verilerle ortaya konması ve (iv) GPU/CPU/RAM düzeyinde enerji bileşen analizinin yapılması bakımından özgün bir katkı sağlamaktadır.

2.Literatür Taraması

2.1. YZ Eğitiminin Enerji Maliyet

Strubell vd. (2019), NLP alanındaki derin öğrenme modellerinin eğitim sürecinde tüketilen enerji miktarını sistematik olarak ölçen ilk büyük ölçekli araştırmayı gerçekleştirmiştir. Transformer, ELMo, BERT ve GPT-2 modellerini NVIDIA GPU üzerinde eğiterek güç tüketimini NVIDIA SMI ve Intel RAPL arayüzleri ile ölçmüşlerdir. BERT-base eğitiminin 1.507 kWh tükettiğini, Transformer mimari aramasının (NAS) ise 656.347 kWh'ye ulaştığını göstermişlerdir.

Patterson vd. (2021), T5 (11 milyar parametre; 86 MWh, 47 ton CO2e) ve GPT-3 (175 milyar parametre; 1.287 MWh, 552 ton CO2e) modellerinin eğitim maliyetlerini raporlamıştır. Luccioni vd. (2023) Tablo 4'e göre, yalnızca dinamik enerji tüketimi × PUE karşılaştırıldığında BLOOM yaklaşık 30 ton, GPT-3 ise 552 ton CO_2eq salmıştır (~18 kat fark). Bu farkın büyük bölümü enerji şebekesinin karbon yoğunluğundan kaynaklanmaktadır (BLOOM: 57 gCO_2eq/kWh, GPT-3: 429 gCO_2eq/kWh).

2.2. Sürdürülebilirlik Çerçeveleri ve Verimlilik Teknikleri

Schwartz vd. (2020), Communications of the ACM'de yayımlanan "Green AI" çalışması ile verimlilik odaklı bir paradigma kaymasını savunmuştur. Kaack vd. (2022), Nature Climate Change'de YZ'nin sera gazı etkilerini üç kategoride sınıflandıran sistematik bir çerçeve sunmuştur: (A) hesaplamaya bağlı doğrudan etkiler, (B) uygulama düzeyinde dolaylı etkiler ve (C) geri tepme etkileri, yol bağımlılığı ve tüketici davranışı değişikliklerini kapsayan sistem düzeyinde etkiler. Verdecchia, Sallou ve Cruz (2023) ise 98 birincil çalışmayı analiz eden sistematik literatür taramasıyla Yeşil YZ araştırma alanının kapsamlı bir haritasını çıkarmıştır.

Verimlilik teknikleri açısından, Menghani (2023) model sıkıştırma, budama ve bilgi damıtma tekniklerini kapsamlı olarak incelemiştir. Sanh vd. (2019), bilgi damıtmasının somut bir uygulaması olarak DistilBERT modelini sunmuştur; DistilBERT, BERT'in boyutunu %40 azaltırken dil anlama performansının yaklaşık %97'sini korumakta ve %60 daha hızlı çalışmaktadır. Enerji ölçümü alanında ise Anthony vd. (2020) tarafından geliştirilen Carbontracker ve Lacoste vd. (2019) tarafından oluşturulan ML Emissions Calculator gibi açık kaynak araçlar bulunmaktadır.

3. Yöntem

3.1. Deney Ortamı

Deneyler, Google Colab ortamında NVIDIA A100-SXM4-40GB GPU (~43 GB bellek) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yazılım ortamı olarak PyTorch, HuggingFace Transformers kütüphanesi ve CodeCarbon 2.x enerji izleme aracı kullanılmıştır. CodeCarbon, NVIDIA Management Library (NVML) aracılığıyla GPU güç tüketimini, Intel RAPL arayüzü ile CPU ve RAM güç tüketimini gerçek zamanlı olarak ölçmüş ve bölgesel karbon yoğunluğu verileriyle (Singapur, karbon yoğunluğu ≈ 0,4708 kgCO2/kWh) entegre ederek karbon salımını hesaplamıştır.

3.2. Veri Seti ve Görev

Deneylerde GLUE SST-2 (Stanford Sentiment Treebank) ikili duygu sınıflandırma görevi kullanılmıştır. Eğitim seti, orijinal 67.349 örnekten rastgele seçilen 5.000 örnekle sınırlandırılmıştır; doğrulama seti ise 872 örneğin tamamını içermektedir. Tüm modeller için aynı hiperparametreler kullanılmıştır: 3 epoch, batch boyutu 32, öğrenme oranı 2×10^{-5}, maksimum dizi uzunluğu 128, ısınma oranı 0,1 ve ağırlık azalması 0,01. FP16 karışık hassasiyet eğitimi etkinleştirilmiştir.

3.3. Test Edilen Modeller

Beş model, geniş bir parametre aralığını kapsayacak şekilde seçilmiştir:

Tablo 1. Test Edilen Modeller

Model	**Parametre**	**Mimari**	**Açıklama**
BERT-tiny	4,4M	2 katman, 128 gizli birim	En küçük BERT varyantı
BERT-mini	11,2M	4 katman, 256 gizli birim	Küçük-orta ölçek
DistilBERT	67,0M	6 katman, 768 gizli birim	BERT bilgi damıtması (Sanh vd., 2019)
BERT-base	109,5M	12 katman, 768 gizli birim	Standart referans model
GPT-2 small	124,4M	12 katman, 768 gizli birim	Otoregresif dil modeli

3.4. Özgünlük ve Katkı

Bu çalışmanın literatüre temel katkıları şunlardır: (i) farklı ölçeklerdeki modellerin ince ayar enerji tüketiminin CodeCarbon ile gerçek zamanlı olarak ölçülmesi (literatürde çoğunlukla yalnızca tam eğitim değerleri raporlanmaktadır), (ii) enerji tüketiminin GPU/CPU/RAM bileşenlerine ayrıştırılarak analiz edilmesi, (iii) enerji-doğruluk dengesi ("accuracy per watt-hour") metriğinin sunulması, (iv) ince ayar ile tam eğitim arasındaki enerji farkının aynı model (BERT-base) üzerinde somut olarak ortaya konması.

4. Bulgular

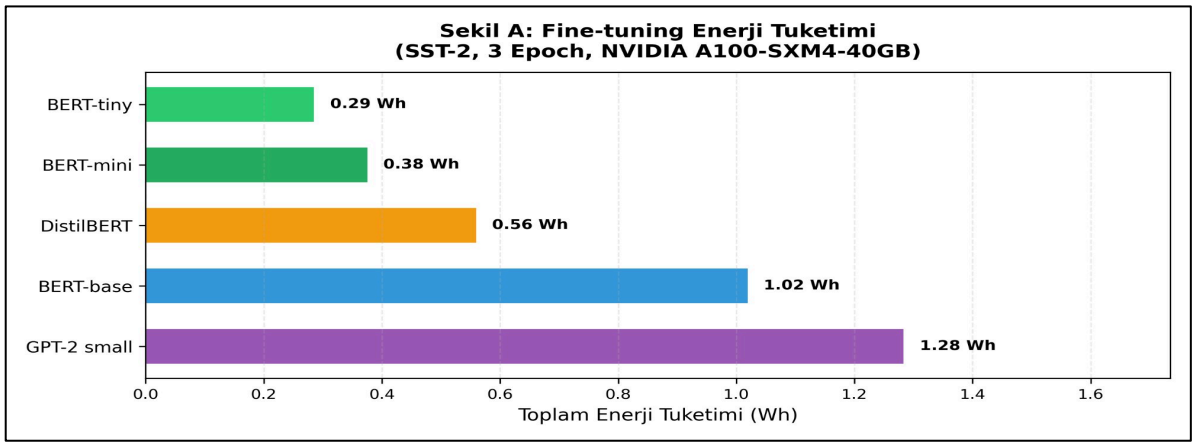
4.1. Deneysel Ölçüm Sonuçları

Tablo 2. Deneysel Ölçüm Sonuçları (SST-2, 3 Epoch, NVIDIA A100-SXM4-40GB, CodeCarbon)

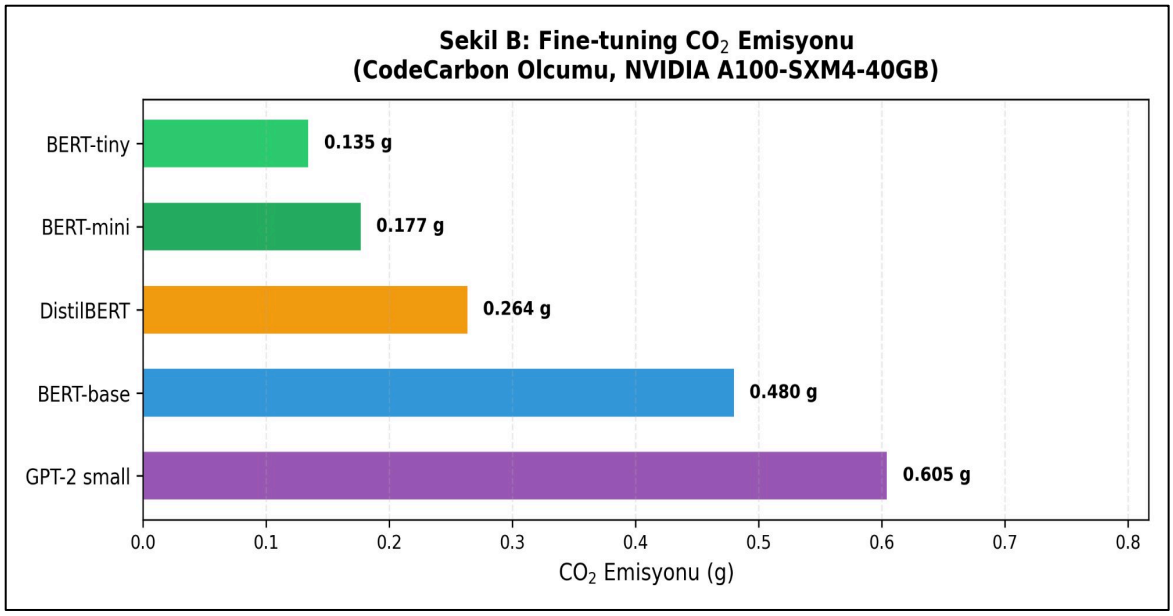
Model	Par.(M)	Süre(sn)	Enerji(Wh)	CO_2(g)	GPU(Wh)	CPU(Wh)	RAM(Wh)	Doğruluk(%)
BERT-tiny	4,4	9,5	0,2865	0,1349	0,148	0,112	0,026	68,81
BERT-mini	11,2	12,2	0,3768	0,1774	0,199	0,144	0,034	76,61
DistilBERT	67,0	15,1	0,5610	0,2641	0,340	0,179	0,042	87,16
BERT-base	109,5	27,1	1,0207	0,4805	0,626	0,319	0,075	90,60
GPT-2 sm.	124,4	24,6	1,2849	0,6049	0,926	0,290	0,068	88,65

Tablo 2, beş modelin deneysel ölçüm sonuçlarını özetlemektedir. En düşük enerji tüketimi BERT-tiny modelinde (0,287 Wh), en yüksek ise GPT-2 small modelinde (1,285 Wh) gözlemlenmiştir; bu iki değer arasındaki oran yaklaşık 4,5 kattır. Eğitim süresi açısından, BERT-tiny yalnızca 9,5 saniyede eğitimini tamamlarken, BERT-base 27,1 saniye sürmüştür.

Şekil 1, modellerin enerji tüketimini, Şekil 2 ise CO2 emisyonlarını görselleştirmektedir.



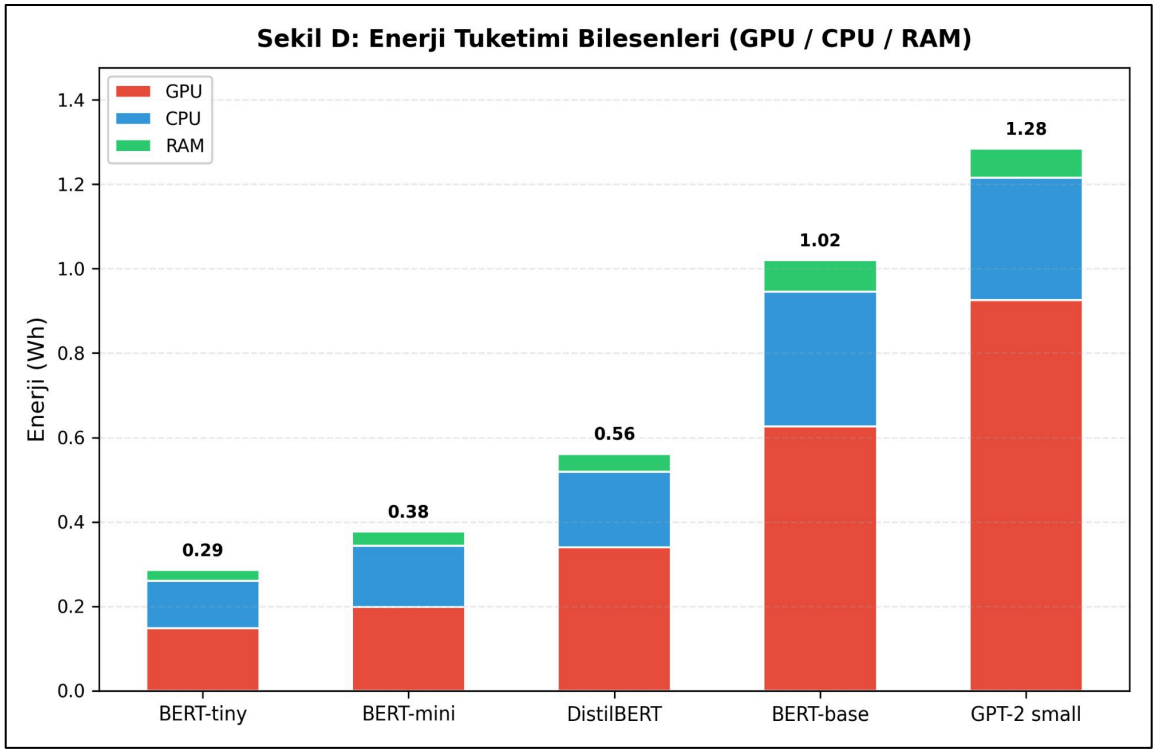
Şekil 1. Fine-tuning Enerji Tüketimi (SST-2, 3 Epoch, NVIDIA A100)



Şekil 2. Fine-tuning CO_2 Emisyonu (CodeCarbon Ölçümü)

4.2. Enerji Bileşen Analizi

Şekil 3, enerji tüketiminin GPU, CPU ve RAM bileşenlerine dağılımını göstermektedir. Tüm modellerde GPU, toplam enerji tüketiminin en büyük bileşenini oluşturmaktadır. BERT-tiny ve BERT-mini gibi küçük modellerde CPU'nun payı nispeten yüksekken (%39 ve %38), büyük modellerde GPU'nun payı belirgin şekilde artmaktadır: GPT-2 small modelinde GPU, toplam enerjinin %72'sini oluşturmaktadır. Bu bulgu, küçük modellerin GPU'yu verimli kullanamayarak sabit CPU yükünün görece ağır bastığını göstermektedir.

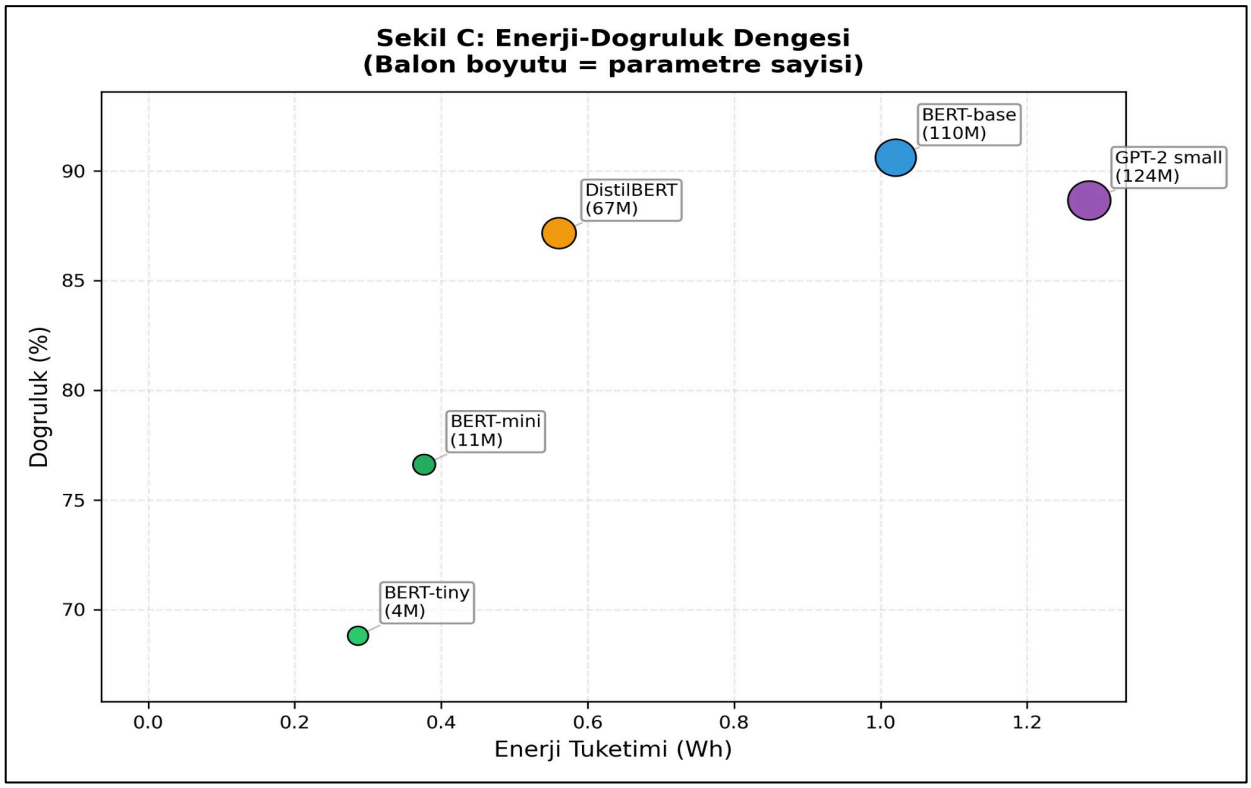


Şekil 3. Enerji Tüketimi Bileşenleri (GPU / CPU / RAM)

4.3. Enerji-Doğruluk Dengesi

Şekil 4, modellerin enerji tüketimi ile doğruluk arasındaki ilişkiyi göstermektedir. En yüksek doğruluğa BERT-base (%90,60) ulaşmıştır; ancak DistilBERT %87,16 doğrulukla çok yakın bir performans sergilerken enerji tüketiminin yalnızca %54,9'unu kullanmıştır (0,561 Wh vs 1,021 Wh). Bu, DistilBERT'in BERT-base doğruluğunun %96,2'sini korurken enerji tüketimini neredeyse yarıya düşürdüğü anlamına gelmektedir.

Dikkat çekici bir bulgu da GPT-2 small modeline aittir: 124,4M parametre ile en büyük model olmasına rağmen, doğruluğu (%88,65) BERT-base'den düşük, enerji tüketimi ise daha yüksektir (1,285 Wh). Bu durum, otoregresif modellerin sınıflandırma görevlerinde encoder tabanlı modellere kıyasla daha az verimli olduğuna işaret etmektedir.

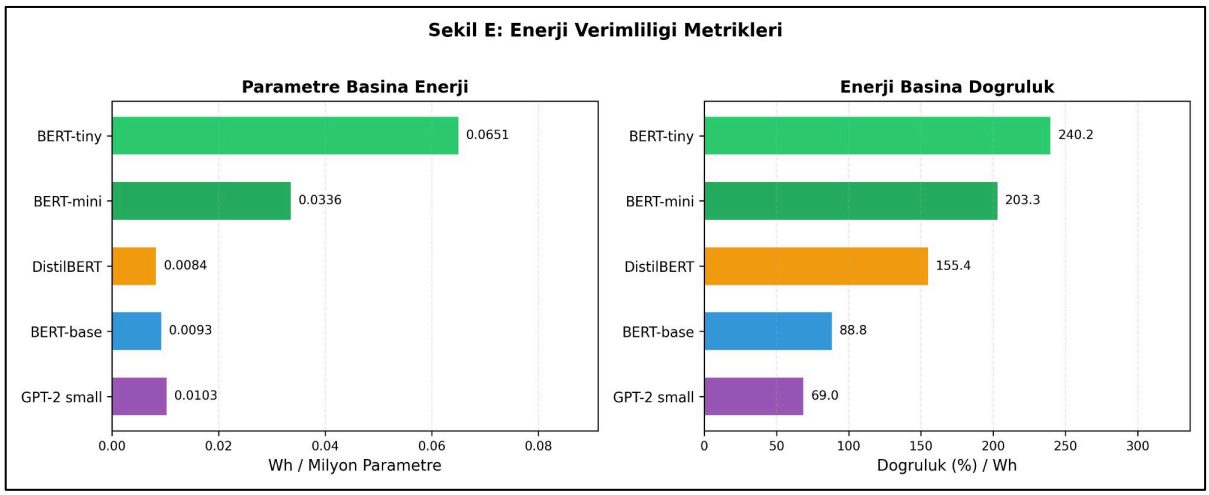


Şekil 4. Enerji-Doğruluk Dengesi (Balon boyutu = parametre sayısı)

4.4. Verimlilik Metrikleri

Şekil 5, iki farklı verimlilik metriğini sunmaktadır. Sol panelde parametre başına enerji tüketimi (Wh/milyon parametre) gösterilmektedir: BERT-tiny (0,065) en yüksek, DistilBERT (0,008) ise en düşük değere sahiptir. Bu, küçük modellerin parametre başına daha fazla enerji harcadığını göstermektedir.

Sağ panelde ise harcanan enerji başına elde edilen doğruluk (Accuracy%/Wh) gösterilmektedir: BERT-tiny (%240/Wh) en yüksek değere sahipken, GPT-2 small (%69/Wh) en düşüktür. Bu metrik, sınırlı enerji bütçesiyle en yüksek performansı elde etmek için küçük modellerin tercih edilebileceğini ortaya koymaktadır.

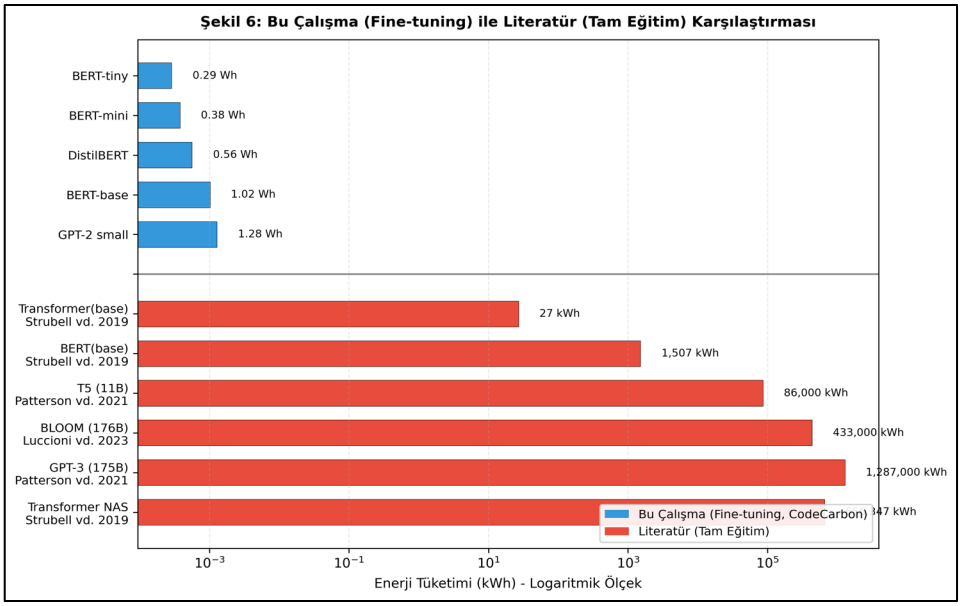


Şekil 5. Enerji Verimliliği Metrikleri (Sol: Parametre başına enerji, Sağ: Enerji başına doğruluk)

4.5. Literatür Karşılaştırması

Şekil 6, bu çalışmadaki deneysel ölçümleri literatürde raporlanan tam eğitim değerleriyle logaritmik ölçekte karşılaştırmaktadır. En çarpıcı bulgu, BERT-base üzerindeki karşılaştırmadır: bu çalışmadaki ince ayar süreci 0,001021 kWh tüketirken, Strubell vd. (2019) tarafından raporlanan tam eğitim değeri 1.507 kWh'tir. Bu oran yaklaşık 1.476.000 kattır.

Bu devasa fark, birkaç faktörden kaynaklanmaktadır: (i) tam eğitim tüm ağırlıkları sıfırdan öğrenirken, ince ayar yalnızca önceden eğitilmiş ağırlıkları göreve uyarlar; (ii) tam eğitim çok büyük veri setleri (Wikipedia, BookCorpus vb.) üzerinde yüzlerce saat sürerken, ince ayar 5.000 örnekle 27 saniyede tamamlanmıştır; (iii) tam eğitim 64 GPU gerektirirken, ince ayar tek bir GPU ile yapılmıştır. Bu nedenle 1,5 milyon katlık oran, doğrudan karşılaştırılabilir bir değer olmayıp, ince ayar yaklaşımının sürdürülebilirlik açısından ne denli avantajlı olduğunu büyüklük sırası düzeyinde gösteren bir göstergedir.



Şekil 6. Bu Çalışma (Fine-tuning) ile Literatür (Tam Eğitim) Enerji Tüketimi Karşılaştırması (Logaritmik Ölçek)

Tablo 3. Literatürden Derlenen Tam Eğitim Enerji Değerleri

Model	**Parametre**	**Enerji (kWh)**	**CO_2e (kg)**	**CO_2e (ton)**	**Kaynak**
Transformer	65M	27	12	0,012	Strubell vd. (2019) T.3
BERT (base)	110M	1.507*	652	0,652	Strubell vd. (2019) T.3
T5	11B	86.000	47.000	47	Patterson vd. (2021)
BLOOM	176B	433.000	50.500	50,5**	Luccioni vd. (2023)
GPT-3	175B	1.287.000	552.000	552	Patterson vd. (2021)
Transf. NAS	213M	656.347	284.019***	284	Strubell vd. (2019) T.3

* Strubell et al. (2019) değerleri; Patterson et al. (2021)'e göre Google donanımında daha düşük gerçekleşmiştir. Patterson et al. (2021), verimli donanım ve veri merkezleri kullanıldığında bu değerin çok daha düşük olabileceğini (yaklaşık 185 kWh) göstermiştir.
** 50,5 ton (tam yaşam döngüsü, gömülü dahil).
*** Strubell et al. (2019) tarafından raporlanan bu değer, Patterson et al. (2021) tarafından gerçek değerin 88 kat fazla olduğu şeklinde düzeltilmiştir (gerçek değer: ~3.2 tCO2e).

5. Tartışma

Bu çalışmanın deneysel bulguları, literatürde ileri sürülen kaygıları doğrulayıcı ve tamamlayıcı niteliktedir. Schwartz vd. (2020) tarafından vurgulanan model ölçeği ile enerji tüketimi arasındaki doğru orantı, deneysel verilerimizde de açıkça görülmektedir: GPT-2 small, BERT-tiny'ye kıyasla 4,5 kat daha fazla enerji tüketmiştir.

Çalışmanın en önemli bulgusu, DistilBERT'in enerji-doğruluk dengesidir. Sanh vd. (2019) tarafından önerilen bilgi damıtma yaklaşımının enerji boyutundaki etkisi, ölçümlerimizle somutlaşmıştır: DistilBERT, BERT-base'in doğruluğunun %96,2'sini korurken enerji tüketimini %45,1 oranında azaltmıştır. Bu sonuç, bilgi damıtma tekniklerinin yalnızca hız ve boyut açısından değil, enerji sürdürülebilirliği açısından da etkili bir strateji olduğunu kanıtlamaktadır.

GPT-2 small'ın BERT-base'den daha fazla enerji tüketmesine rağmen daha düşük doğruluk elde etmesi, mimari seçiminin görev tipine göre yapılması gerektiğini göstermektedir. Otoregresif modeller (GPT ailesi), metin üretiminde üstün olsalar da, sınıflandırma görevlerinde encoder tabanlı modellere kıyasla hem daha fazla enerji harcamakta hem de daha düşük doğruluk elde etmektedir. Luccioni vd. (2024) de benzer şekilde, genel amaçlı üretici modellerin görev-spesifik modellerden çok daha fazla enerji tükettiğini raporlamıştır.

Enerji bileşen analizi, küçük modellerin GPU'yu verimli kullanamadığını ortaya koymaktadır. BERT-tiny'de CPU payı %39 iken, GPT-2 small'da bu oran %23'e düşmektedir. Bu bulgu, küçük modellerin yüksek performanslı GPU'larda (A100 gibi) "aşırı donanım" (over-provisioned hardware) durumu yaşayabileceğine işaret etmektedir. GPT-2 small modelinin BERT-base'den daha kısa sürede eğitilmesine rağmen daha fazla enerji tüketmesi, otoregresif mimarinin GPU'yu daha yoğun kullanmasından (ortalama güç: ~188 W vs ~136 W)

kaynaklanmaktadır. Bu durum, eğitim süresinin tek başına enerji tüketiminin güvenilir bir göstergesi olmadığını ortaya koymaktadır.

Sınırlılıklar: (i) Ölçümler tek bir GPU tipi (A100) üzerinde gerçekleştirilmiş olup, farklı donanım yapılandırmalarında sonuçlar değişebilir. (ii) Yalnızca ince ayar aşaması ölçülmüş olup, çıkarım (inference) maliyetleri dahil edilmemiştir. (iii) Eğitim seti 5.000 örnekle sınırlı tutulmuştur; daha büyük veri setlerinde oran farklılaşabilir. (iv) CodeCarbon'ın bölgesel karbon yoğunluğu tahmini, gerçek zamanlı şebeke verilerinden sapma gösterebilir.

6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, beş farklı YZ modelinin ince ayar sürecindeki enerji tüketimini CodeCarbon ile deneysel olarak ölçerek ve literatürde raporlanan tam eğitim değerleriyle karşılaştırarak dört temel sonuca ulaşmıştır:

Birincisi, model ölçeği ile enerji tüketimi arasında doğru bir orantı bulunmakta olup, en büyük model (GPT-2, 124M) en küçüğüne (BERT-tiny, 4,4M) kıyasla 4,5 kat daha fazla enerji tüketmektedir. İkincisi, bilgi damıtma teknikleri enerji verimliliğinde somut kazanımlar sağlamaktadır; DistilBERT, BERT-base doğruluğunun %96,2'sini korurken enerji tüketimini %45 azaltmıştır. Üçüncüsü, ince ayar süreci, tam eğitime kıyasla yaklaşık 1,5 milyon kat daha az enerji tüketmektedir; bu bulgu, mevcut modellerin uyarlanmasının sürdürülebilirlik açısından kritik önemini vurgulamaktadır. Dördüncüsü, mimari seçimi görev tipine göre yapılmalıdır; sınıflandırma görevlerinde encoder modeller, otoregresif modellerden hem daha verimli hem de daha doğrudur.

Bu bulgular doğrultusunda aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

(1) İnce ayar öncelikli yaklaşım: Mümkün olan her durumda, sıfırdan model eğitmek yerine önceden eğitilmiş modellerin ince ayar ile göreve uyarlanması tercih edilmelidir.

(2) Göreve uygun model seçimi: Sınıflandırma görevleri için encoder tabanlı modeller (BERT ailesi), üretim görevleri için ise decoder tabanlı modeller (GPT ailesi) tercih edilmelidir.

(3) Bilgi damıtma tekniklerinin benimsenmesi: DistilBERT örneğinde görüldüğü gibi, büyük modellerin bilgisinin küçük modellere aktarılması, performans kaybını minimumda tutarken enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabilmektedir.

(4) Enerji tüketiminin zorunlu raporlanması: Araştırma makalelerinde model performansının yanında enerji tüketimi ve karbon salımı değerlerinin de standart olarak raporlanması (Schwartz vd., 2020; Patterson vd., 2022).

(5) Otomatik izleme araçlarının yaygınlaştırılması: CodeCarbon ve Carbontracker (Anthony vd., 2020) gibi araçların YZ geliştirme süreçlerinde standart olarak kullanılması, enerji farkındalığını artırabilir.

Kaynakça

Anthony, L. F. W., Kanding, B. ve Selvan, R. (2020). Carbontracker: Tracking and Predicting the Carbon Footprint of Training Deep Learning Models. ICML 2020 Workshop. arXiv:2007.03051.

Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F. ve Rolnick, D. (2022). Aligning artificial intelligence with climate change mitigation. Nature Climate Change, 12(6), 518–527. DOI: 10.1038/s41558-022-01377-7.

Lacoste, A., Luccioni, A., Schmidt, V. ve Dandres, T. (2019). Quantifying the Carbon Emissions of Machine Learning. arXiv:1910.09700.

LeCun, Y., Bengio, Y. ve Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436–444. DOI: 10.1038/nature14539.

Luccioni, A. S., Jernite, Y. ve Strubell, E. (2024). Power Hungry Processing: Watts Driving the Cost of AI Deployment? Proceedings of the 2024 ACM FAccT Conference, 85–99. DOI: 10.1145/3630106.3658542.

Luccioni, A. S., Viguier, S. ve Ligozat, A.-L. (2023). Estimating the Carbon Footprint of BLOOM, a 176B Parameter Language Model. Journal of Machine Learning Research, 24(253), 1–15.

Menghani, G. (2023). Efficient Deep Learning: A Survey on Making Deep Learning Models Smaller, Faster, and Better. ACM Computing Surveys, 55(12), Article 259. DOI: 10.1145/3578938.

Patterson, D., Gonzalez, J., Le, Q., Liang, C., Munguia, L.-M., Rothchild, D., So, D. R., Texier, M. ve Dean, J. (2021). Carbon Emissions and Large Neural Network Training. arXiv:2104.10350.

Patterson, D., Gonzalez, J., Hölzle, U., Le, Q., Liang, C., Munguia, L.-M., Rothchild, D., So, D. R., Texier, M. ve Dean, J. (2022). The Carbon Footprint of Machine Learning Training Will Plateau, Then Shrink. IEEE Computer, 55(7), 18–28. DOI: 10.1109/MC.2022.3148714.

Sanh, V., Debut, L., Chaumond, J. ve Wolf, T. (2019). DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter. 5th Workshop on Energy Efficient ML and Cognitive Computing (NeurIPS 2019). arXiv:1910.01108.

Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A. ve Etzioni, O. (2020). Green AI. Communications of the ACM, 63(12), 54–63. DOI: 10.1145/3381831.

Strubell, E., Ganesh, A. ve McCallum, A. (2019). Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. Proceedings of the 57th Annual Meeting of ACL, 3645–3650. DOI: 10.18653/v1/P19-1355.

Verdecchia, R., Sallou, J. ve Cruz, L. (2023). A Systematic Review of Green AI. WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, 13(4), e1507. DOI: 10.1002/widm.1507.

TEKNİK EĞİTİMDE KULLANILMAK ÜZERE 3B BASKILI MANUEL ŞANZIMAN MODELİNDE PLA, PETG VE ABS'NİN SAYISAL KARŞILAŞTIRILMASI

NUMERICAL COMPARISON OF PLA, PETG, AND ABS IN A 3D-PRINTED MANUAL TRANSMISSION MODEL FOR USE IN TECHNICAL EDUCATION

Öğr. Gör. Musa YILMAZ[1]
Abdullah Kadir MENGE[2]

Özet

Üç boyutlu (3B) yazıcı teknolojisi, teknik eğitimde karmaşık mekanik sistemlerin somut ve uygulamalı öğretim materyallerine dönüştürülmesine olanak tanımaktadır. Ancak bu tür modellerin yapısal güvenilirliği ve tekrarlı kullanıma uygunluğu, büyük ölçüde doğru filament malzemenin seçimine bağlıdır. Bu çalışmada, eğitim amaçlı geliştirilen 5 ileri manuel şanzıman modelinin en kritik bölgesi olan 1. vites dişli çifti üzerinde, PLA, PETG ve ABS malzemelerinin mekanik performansı deneysel verilerle desteklenen sonlu elemanlar analizi (ANSYS) ile karşılaştırılmıştır.

Öncelikle şanzıman CAD ortamında modellenmiş ve 3:1 çevrim oranına sahip 1. vites kademesi, en yüksek tork aktarımının gerçekleştiği bölge olarak belirlenmiştir. Sayısal analizlerde, manuel kullanım etkileşimini temsil eden 1000 N·mm giriş torku altında dişli köklerinde oluşan gerilmeler ile güvenlik katsayıları incelenmiştir. Filamentlerin mekanik özellikleri çekme testleriyle elde edilmiş olup PLA en yüksek rijitliği (1346,4 MPa elastisite modülü) gösterirken, ABS en düşük dayanımı (42,8 MPa) göstermiştir. PETG ise 51,3 MPa maksimum gerilme, %9,65 uzama ve 334,4 kJ/m³ tokluk değerleri sergilemiştir.

ANSYS analizleri, her üç malzeme için de maksimum von Mises gerilmelerinin yaklaşık 34 MPa olduğunu göstermiştir. Ancak malzemelerin limit dayanımlarına göre hesaplanan minimum güvenlik katsayıları önemli farklılıklar ortaya koymuştur. Minimum güvenlik katsayısı; ABS'de 1,07 (yapısal hasar sınırında), PLA'da 1,27 ve PETG'de 1,39 olarak bulunmuştur. ABS'nin kritik derecede düşük güvenlik payı, PLA'nın yüksek rijitliğine rağmen düşük tokluk nedeniyle tekrarlı kullanımlarda çatlamaya yatkın olduğu belirlenmiştir. PETG, en yüksek güvenlik katsayısı, yüksek tokluk değeri ve dengeli mekanik davranışı sayesinde eğitim modelinin fiziksel üretimi için en uygun filament olduğu değerlendirilmiştir.

Bu çalışma, teknik eğitimde kullanılacak 3B baskılı mekanik modellerde malzeme seçiminin yalnızca baskı kolaylığı veya maliyetle değil; dayanım, rijitlik, tokluk, güvenlik katsayısı ve tekrar kullanılabilirlik gibi mühendislik ölçütlerinin birlikte ele alınması gerektiğini sayısal olarak ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: *3B yazıcı, çekme testi, sonlu elemanlar analizi, manuel şanzıman, mühendislik eğitimi*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, musa.yilmaz@bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, akadir.menge@bozok.edu.tr

Abstract

Three-dimensional (3D) printing technology enables complex mechanical systems to be transformed into tangible and practice-oriented instructional materials in technical education. However, the structural reliability and suitability of such models for repeated use largely depend on the selection of an appropriate filament material. In this study, the mechanical performances of PLA, PETG, and ABS were compared on the first-gear pair, identified as the most critical region of a five-speed manual transmission model developed for educational purposes, using finite element analysis (ANSYS) supported by experimental material data.

First, the transmission system was modeled in a CAD environment, and the first-gear stage, with a transmission ratio of 3:1, was identified as the region where the highest torque transmission occurs. In the numerical analyses, the stresses generated at the gear roots and the corresponding safety factors were examined under an input torque of 1000 N·mm, representing manual user interaction. The mechanical properties of the filaments were obtained through tensile tests. PLA exhibited the highest stiffness, with an elastic modulus of 1346.4 MPa, whereas ABS showed the lowest strength, with a maximum stress of 42.8 MPa. PETG exhibited a maximum stress of 51.3 MPa, an elongation of 9.65%, and a toughness of 334.4 kJ/m³.

The ANSYS analyses showed that the maximum von Mises stresses were approximately 34 MPa for all three materials. However, considerable differences were observed in the minimum safety factors calculated according to the strength limits of the materials. The minimum safety factor was found to be 1.07 for ABS, indicating a condition close to the structural failure limit, 1.27 for PLA, and 1.39 for PETG. ABS exhibited a critically low safety margin, while PLA, despite its high stiffness, was considered more prone to cracking under repeated use due to its lower toughness. PETG was evaluated as the most suitable filament for the physical production of the educational transmission model because of its highest safety factor, high toughness, and balanced mechanical behavior.

This study numerically demonstrates that material selection for 3D-printed mechanical models intended for technical education should not be based solely on printability or cost. Instead, engineering criteria such as strength, stiffness, toughness, safety factor, and reusability should be considered together.

Keywords: *3D printing, tensile test, finite element analysis, manual transmission, engineering education*

1.Giriş

Teknik eğitimde kuramsal bilgilerin uygulamalı öğrenme materyalleriyle desteklenmesi, öğrencilerin mekanik sistemleri daha kolay anlamasına ve mesleki becerilerini geliştirmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle güç aktarım sistemleri, dişli mekanizmaları, mil bağlantıları ve hareket iletim elemanları gibi konular yalnızca teorik anlatımla sınırlı kaldığında öğrenciler için soyut ve anlaşılması güç hale gelebilmektedir. Bu nedenle, mekanik sistemlerin çalışma prensiplerini somutlaştıran, elle incelenebilen ve gerektiğinde sökülüp takılabilen öğretim modellerine ihtiyaç duyulmaktadır (Haruna, 2019; Krismadinata et al., 2020; Rojewski, 2009).

3B yazıcı teknolojileri, dijital ortamda tasarlanan üç boyutlu modellerin katmanlı üretim prensibiyle fiziksel parçalara dönüştürülmesini sağlayan yenilikçi bir imalat yöntemidir. Geleneksel üretim yöntemlerinde kalıp, takım veya talaşlı imalat süreçlerine duyulan ihtiyaç çoğu zaman maliyet, zaman ve tasarım sınırlılıkları oluştururken, 3B yazıcılar karmaşık geometrilerin daha hızlı, ekonomik ve esnek biçimde üretilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle FDM yöntemiyle PLA, PETG ve ABS gibi termoplastik filamentler kullanılarak düşük maliyetli prototipler, eğitim modelleri ve işlevsel parçalar üretilebilmektedir. Bu teknoloji, tasarım değişikliklerinin kısa sürede uygulanabilmesi, kişiselleştirilmiş üretime imkân vermesi ve öğrencilerin soyut mühendislik kavramlarını somut modeller üzerinden inceleyebilmesi açısından teknik eğitimde önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, 3B baskı ile üretilen parçaların mekanik performansı; kullanılan filament türüne, baskı yönüne, katman kalınlığına, doluluk oranına, baskı sıcaklığına ve katmanlar arası bağlanma kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle 3B yazıcılar yalnızca hızlı prototipleme aracı olarak değil, aynı zamanda doğru malzeme ve uygun üretim parametreleriyle işlevsel mühendislik uygulamalarında kullanılabilecek güçlü bir üretim teknolojisi olarak değerlendirilmelidir (Krishnanand & Taufik, 2021; Saggiomo, 2022).

PLA, PETG ve ABS gibi yaygın kullanılan filamentler; yoğunluk, elastisite modülü, çekme dayanımı, darbe direnci, ısıl dayanım ve baskı kolaylığı bakımından farklı davranışlar göstermektedir. PLA, kolay basılabilirliği ve boyutsal kararlılığı nedeniyle eğitim amaçlı modellerde sık tercih edilmekle birlikte, darbe dayanımı ve sıcaklık dayanımı açısından sınırlı kalabilmektedir. PETG, PLA'ya göre daha sünek ve darbe dayanımı daha yüksek bir malzeme olarak öne çıkarken, ABS ise daha iyi ısıl dayanım ve tokluk sunabilmekte; ancak baskı sırasında çarpılma ve ortam sıcaklığına duyarlılık gibi zorluklar oluşturabilmektedir. Bu nedenle filament seçimi yapılırken yalnızca baskı kolaylığı değil, parçanın kullanım amacı ve maruz kalacağı mekanik etkiler de dikkate alınmalıdır (Ekrem & Yılmaz, 2025; Kopar & Yildiz, 2023; Kumar et al., 2022).

Manuel şanzımanlar, motor tarafından üretilen dönme hareketini ve torku farklı hız oranlarında tekerleklere aktaran temel güç iletim sistemlerinden biridir. Bu sistemlerde kavrama, miller, dişli çiftleri, senkromeç mekanizmaları ve vites değiştirme elemanları birlikte çalışarak aracın farklı yol ve yük koşullarına uygun şekilde hareket etmesini sağlar. Düşük viteslerde yüksek tork ve düşük hız elde edilirken, yüksek viteslerde daha düşük torkla daha yüksek hızlara ulaşılmaktadır. Bu nedenle manuel şanzımanlar; dişli oranı, moment aktarımı, hız değişimi, temas gerilmeleri, mil-dişli bağlantıları ve hareket iletimi gibi birçok temel makine elemanı konusunu aynı yapı içinde barındırmaktadır. Özellikle 1. vites kademesi, yüksek çevrim oranı nedeniyle en fazla tork aktarımının gerçekleştiği bölge olduğundan dişli köklerinde ve temas yüzeylerinde daha yüksek gerilme oluşma potansiyeline sahiptir. Bu yönüyle manuel şanzımanlar, yalnızca otomotiv sistemlerinin önemli bir bileşeni değil, aynı zamanda teknik ve mühendislik eğitiminde güç aktarım prensiplerinin somut olarak öğretilmesine imkân sağlayan etkili bir uygulama örneğidir (Lucente, Montanari, & Rossi, 2007).

Çekme testi, malzemelerin mekanik davranışlarını belirlemek amacıyla kullanılan en temel deneysel yöntemlerden biridir. Bu testte, standart ölçülerde hazırlanmış numuneye eksenel doğrultuda artan bir çekme kuvveti uygulanarak malzemenin yük altındaki davranışı incelenir. Deney sonucunda elde edilen gerilme–gerinme eğrisi üzerinden elastisite modülü, akma dayanımı, maksimum çekme dayanımı, kopma uzaması ve tokluk gibi önemli mekanik özellikler belirlenebilmektedir. Bu veriler, malzemenin rijitlik, dayanım, süneklik ve enerji absorplama kapasitesi hakkında doğrudan bilgi sağlamaktadır (Atakok, Kam, & Koc, 2022; Hamat et al., 2023; Raja et al., 2022).

Sonlu elemanlar analizi, karmaşık geometrilere ve farklı yükleme koşullarına sahip mühendislik yapılarının davranışını sayısal olarak incelemek için kullanılan güçlü bir çözüm yöntemidir. Bu yöntemde incelenecek parça veya sistem, sonlu sayıda küçük elemanlara ayrılarak gerilme, şekil değiştirme, deformasyon, temas davranışı ve güvenlik katsayısı gibi mühendislik çıktıları hesaplanabilmektedir. Böylece fiziksel üretim veya deneysel test

öncesinde kritik bölgeler belirlenebilir, olası hasar riskleri öngörülebilir ve tasarım iyileştirmeleri yapılabilir. ANSYS ise sonlu elemanlar analizlerinin gerçekleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan mühendislik yazılımlarından biridir. Statik yapısal analiz, dinamik analiz, termal analiz ve temas problemleri gibi birçok farklı çözüm türünü desteklemesi sayesinde mekanik sistemlerin sayısal olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle dişli sistemleri gibi temas gerilmelerinin, tork aktarımının ve yerel gerilme yoğunlaşmalarının önemli olduğu yapılarda ANSYS, farklı malzeme özelliklerinin aynı yükleme koşulları altında karşılaştırılmasını sağlayarak daha güvenilir tasarım kararları alınmasına katkı sunmaktadır (Ganeshkumar et al., 2022; Liu, Dong, Li, Lou, & Chen, 2024; Perera, Exley, Dananjaya, Hansika, & Abeykoon, 2025).

Bu çalışmada, teknik eğitimde kullanılmak üzere 5 ileri manuel bir şanzıman modelinin 3B baskı teknolojisiyle üretilebilirliği ve malzeme seçimi açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, şanzıman sistemi CAD ortamında modellenmiş, en kritik bölge olarak belirlenen 1. vites dişli çifti üzerinde PLA, PETG ve ABS filamentlerinin mekanik performansları deneysel çekme testi verileriyle desteklenen ANSYS tabanlı sonlu elemanlar analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Böylece, eğitim amaçlı üretilecek hareketli bir şanzıman modelinde yalnızca baskı kolaylığı veya maliyet değil; dayanım, rijitlik, tokluk, güvenlik katsayısı ve tekrar kullanılabilirlik gibi mühendislik ölçütleri birlikte değerlendirilmiştir. Proje sonucunda, teknik eğitimde kullanılabilecek daha güvenilir, işlevsel ve uzun ömürlü bir 3B baskılı öğretim materyali geliştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. Materyal Metot

2.1. 5 Geçişli Şanzımanın CAD Modelinin Hazırlanması

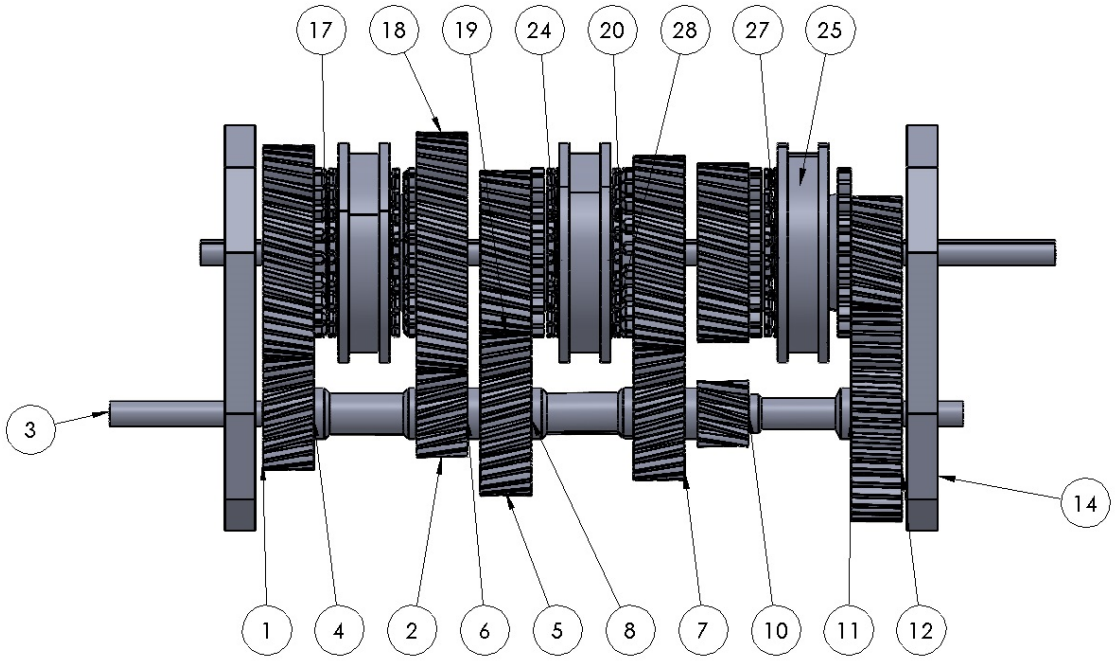
Bu çalışmada, 5 ileri vitesli bir şanzıman sisteminin Tablo 1'de detaylandırılan teknik parametreleri ve geometrik tanımlamaları, yüksek verimlilik odaklı hassas mühendislik hesaplamaları ve optimize edilmiş dişli konfigürasyonları temel alınarak oluşturulmuştur. Literatürde helis dişliler, düz dişlilere kıyasla daha yüksek kavrama oranı (contact ratio) sunmaları, daha sessiz çalışmaları ve yüksek tork taşıma kapasiteleri nedeniyle tercih edilmektedir (Yaghoubi & Tavakoli, 2022). Bu avantajlardan yararlanmak amacıyla şanzıman modelinde kullanılan tüm dişli çiftleri için basınç açısı 20°, helis açısı ise 25° olarak belirlenmiştir. Helis dişlilerin tasarımı, endüstri standardı olan Solidworks programı içerisinde yer alan Toolbox kütüphanesi vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de belirtilen modül, diş sayısı, genişlik ve helis yönü gibi teknik verilerin Toolbox arayüzüne entegre edilmesiyle, teorik hesaplamalara tam uyumlu involut diş profilleri elde edilmiştir

Tablo 1. CAD tasarımı yapılan parçaların isimleri ve montaj resimde belirtilen öğe numarası karşılıkları

ÖĞE NO	PARÇA İSMİ	MİKT.	Taksimat Çapı (d – mm)	Diş Sayısı (z)	Helis Yönü
1	Giriş-Mili_2.Dişli	1	44	20	sol
2	Giriş-Mili_1.Dişli	1	33	15	sol
3	Giriş-Mili_1.Mil	1			
4	Giriş-Mili_2.Mil	1			
5	Giriş-Mili_4.Dişli	1	66	30	sol
6	Giriş-Mili_3.Mil	1			
7	Giriş-Mili_3.Dişli	1	52,8	24	sol
8	Giriş-Mili_4.Mil	1			
9	Giriş-Mili_5.Mil	1			
10	Giriş-Mili_R.Dişli	1	24,2	11	sağ
11	Giriş-Mili_6.Mil	1			
12	Giriş-Mili_5.Dişli	1	88	40	sol
13	Giriş-Mili_7.Mil	1			
14	Gövdex2	2			
15	10x26x8mm Plastik kapaklı Rulman	10			
16	Rulman Yatağı	9			
17	Çıkış-Mili_2.Dişli	1	88	40	sağ
18	Çıkış-Mili_1.Dişli	1	99	45	sağ
19	Çıkış-Mili_4.Dişli	1	66	30	sağ
20	Çıkış-Mili_3.Dişli	1	79,2	36	sağ
21	Çıkış-Mili_R.Dişli	1	72,6	33	sağ

22	Çıkış-Mili_5.Dişli	1	44	20	sağ
23	Çıkış-Mili_1.Mil	1			
24	Çıkış-Mili_2.Mil	1			
25	Çıkış-Mili_3.Mil	1			
26	Çıkış-Mili_4.Mil	1			
27	Çıkış-Mili_Kilitleme-Bileziği_Senkromeç	5			
28	Çıkış-Mili_Vites-Değiştirme-Manşonu	3			

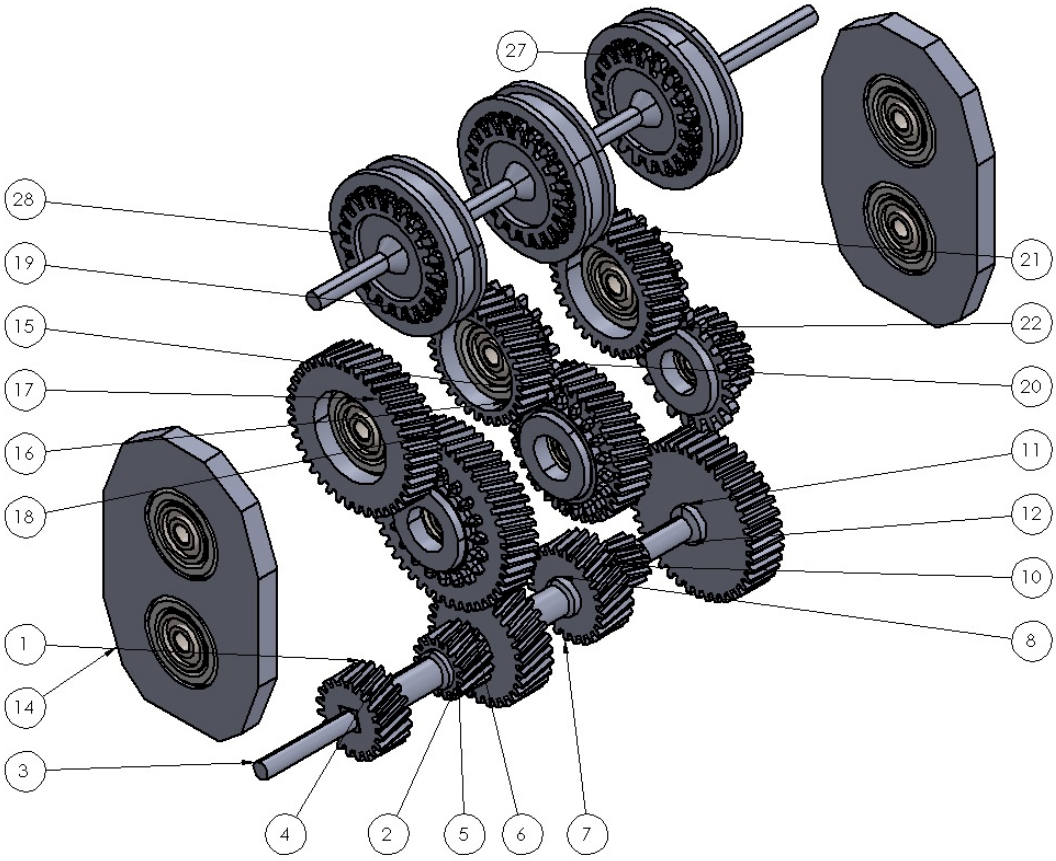
Sistemin genel yerleşimi ve bileşenlerin birbirleriyle olan mekânsal ilişkisi Şekil 1 ve Şekil 2'de görselleştirilmiştir. Şekil 1'de şanzımanın üstten görünümü (top view) üzerinden mil ve dişli dizilimi net bir şekilde görülmektedir. Bu görünümde, giriş milindeki (3) hareketin, farklı dişli çiftleri vasıtasıyla çıkış miline aktarılma hiyerarşisi teknik numaralandırmalarla takip edilebilmektedir. Şekil 2.2'de sunulan patlatılmış izometrik görünüm ise, rulman yataklarının (16), plastik kapaklı rulmanların (15) ve vites değiştirme manşonlarının (28) sistem içerisindeki montaj derinliğini ve hizalanmasını sergilemektedir.



Şekil 1. 5 geçişli şanzımanın montaj resmi (öğe numaralarına karşılık tanımlar Tablo 1'de verilmiştir)

Tasarım aşamasında, normal şartlarda ayrı monte edilmesi gereken bazı eş çalışan parçalar, tek parça (monoblok) gövde şeklinde modellenmiştir. Bu tercihin temel sebebi, sistemin nihai üretiminde kullanılacak olan Katmanlı Üretim (3B Yazıcı) teknolojisinin getirdiği sınırlamalardır. Literatürde, FGM gibi yöntemlerde hammadde soğurken meydana gelen termal büzülme ve çekme (shrinkage) olaylarının boyutsal toleransları olumsuz etkilediği vurgulanmaktadır atıf. Şekil 2'de görülen dişli ve mil bütünleşikleri, baskı sonrası oluşabilecek bu tolerans sapmalarını tolere etmek, montaj zorluklarını ortadan kaldırmak ve çalışma sırasında oluşabilecek eksenel kaçıklıkları önlemek amacıyla bu şekilde optimize edilmiştir.

Şanzıman tasarımında kullanılan senkromeç yapıları ve kilitleme bilezikleri (27), vites geçişleri sırasında devir eşitlemeyi sağlayacak şekilde konumlandırılmış olup, tüm sistemin statik ve dinamik kararlılığı bu CAD verileri üzerinden analiz edilmiştir.



Şekil 2. Montaj resmin patlatılmış görünümü (öğe numaralarına karşılık tanımlar Tablo 2.1'de verilmiştir)

Hazırlanan CAD modeli ve montaj hiyerarşisi genel hatlarıyla incelendiğinde, sistemin mekanik açıdan en kritik noktasının, tork artışının en yüksek ve dişli çapları arasındaki farkın en belirgin olduğu 1. vites bölgesi olduğu görülmektedir. Özellikle pinyon dişli (2), operasyonel süreçte en yüksek birim yüke maruz kalan bileşen olması sebebiyle yapısal zorlanmanın odak noktasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, tasarımın güvenilirliğini doğrulamak adına gerçekleştirilecek olan statik analizlerin, sistemin zayıf halkası olarak öngörülen bu 1. vites dişli çifti üzerine yoğunlaşması kararlaştırılmıştır.

2.2.Malzeme Özelliklerin Belirlenmesi

Numunelerin mekanik özelliklerini belirlemek için ASTM D638 standına uygun geometride numuneler üretilerek çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Çekme testi ile elde edilen kuvvet ve uzama verileri Excel yazılımı vasıtasıyla sonlu elemanlar analizine (Ansys yazılımı) tanımlanacak kritik değerlerin hesaplanmasında kullanılmıştır.
Hesaplamalarda kullanılan denklemler aşağıdaki gibidir (Ekrem & Yılmaz, 2025; Jiang, 2023);

$\sigma = F/A$ (1)

Denklem 1'de; σ gerilme değerini, F test cihazı tarafından elde edilen çekme kuvvetini vermektedir. A ise çekme numunesinin kesit alanıdır (4x6=24mm2).

$\varepsilon = (\Delta_L/L_0).100$(2)

Denklem 2.2'de; ε yüzde uzama miktarını (% gerinim), ΔL meydana gelen uzama miktarını ve L0 ilk ölçüm boyunu vermektedir.

$E = \sigma/\varepsilon$(3)

Denklem 2.3'te; E çekme diyagramının lineer bölgesinin eğimi olup elastik modüldür.

$\int_0^k \sigma.d\varepsilon$ (4)

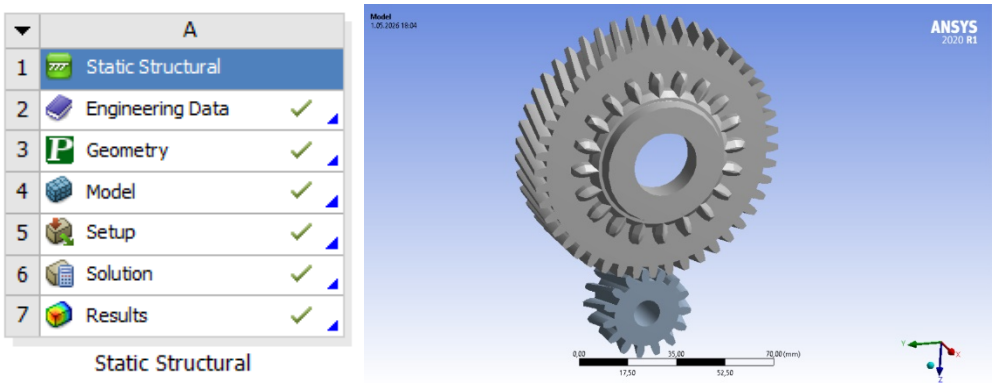
Denklem 4 ile bulunan değer gerilme-gerinim diyagramında elde edilen eğrinin altında kalan alan olup numunenin tokluğunu ifade etmektedir.

2.3.Sonlu Elemanlar Analizi

Mekanik tasarımların operasyonel yükler altındaki davranışlarını öngörmek amacıyla kullanılan Sonlu Elemanlar Analizi (SEA), karmaşık geometrilerin matematiksel olarak basit alt parçalara bölünerek çözümlenmesi esasına

dayanır. Bu çalışma kapsamında, 5 ileri vitesli şanzımanın en kritik bileşeni olarak belirlenen 1. vites dişli çiftinin yapısal bütünlüğü, ANSYS Workbench yazılımı kullanılarak Statik Yapısal (Static Structural) analiz yöntemiyle incelenmiştir. Analiz süreci; geometrinin aktarılması, malzeme özelliklerinin tanımlanması, temas ve sınır şartlarının belirlenmesi ile ağ yapısının (mesh) oluşturulması aşamalarından oluşmaktadır.

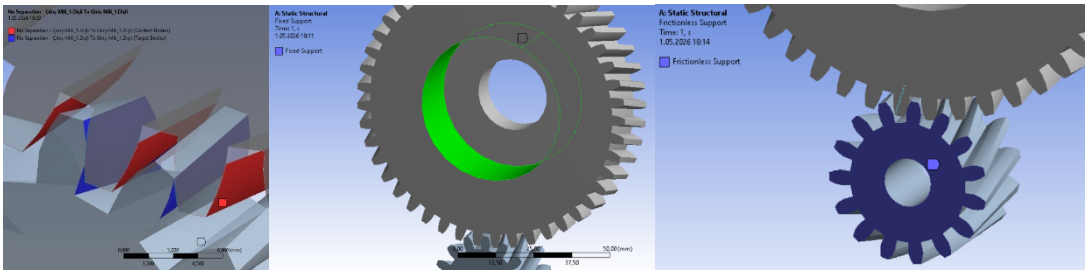
Analiz sürecinin başlangıç aşamasında, Solidworks ortamında hazırlanan yüksek sadakatli CAD modelleri, veri kaybını önlemek amacıyla uygun formatlarda ANSYS Workbench arayüzüne entegre edilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü üzere, "Static Structural" analiz modülü altında geometrik veriler sisteme dahil edilmiş (import geometry) ve çözümleme için gerekli olan sayısal modelleme ortamı hazırlanmıştır.



Şekil 3. Statik analiz ve modelin yazılıma aktarılması (import geometry)

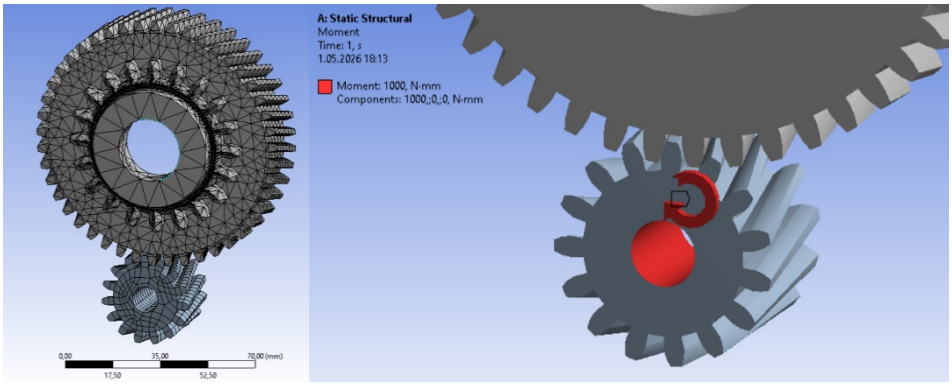
Analizin doğruluğu, sisteme atanan malzeme modellerinin fiziksel gerçekliği ile doğrudan ilişkilidir. Bu doğrultuda, ANSYS yazılımının "Engineering Data" arayüzü kullanılarak; ABS, PETG ve PLA malzemelerine ait yoğunluk, Young modülü, Poisson oranı ve akma dayanımı gibi mekanik parametreler yapılan çekme testleri ve yapılan hesaplamalar ışığında revize edilmiştir.

Sınır şartlarının (boundary conditions) belirlenmesi, sistemin çalışma prensibini simüle eden en kritik safhalardan biridir. Şekil 4'te detaylandırıldığı üzere, dişlilerin birbirleriyle etkileşime girdiği yüzeyler arasında "No Separation" temas tipi tanımlanarak, dişlerin birbirine geçme (interpenetration) yapmadan yük aktarması sağlanmıştır. Sistemin mesnetleme koşulları kapsamında; tahrik edilen dişli iç çapından sabitlenmiş (Fixed Support), pinyon dişli ise dönme serbestliği sağlanacak şekilde sürtünmesiz destek (Frictionless Support) ile sınırlandırılmıştır. Bu konfigürasyon, şanzıman millerinin yataklanma karakteristiğini statik ortamda temsil etmektedir.



Şekil 4. Sınır şartlarının belirlenmesi kapsamında bağlantılar ve sabitlenen kısımlar

Çözümleme öncesindeki son aşama olan ağ yapısı oluşturma ve yükleme koşulları Şekil 5'te sergilenmiştir. Sayısal hassasiyeti artırmak amacıyla dişli temas yüzeylerinde ağ yapısı sıkılaştırılmış (refinement), pinyon dişli üzerine ise sistemin operasyonel torkunu temsil eden 1000 N.mm değerinde bir moment uygulanmıştır. Literatürde, ağ yoğunluğunun sonuçların yakınsamasındaki (convergence) etkisi sıklıkla vurgulanmakta olup, bu çalışmada da gerilme gradyanlarının yüksek olduğu bölgelerde tetrahedron ve hex eleman kombinasyonları ile optimize edilmiş bir yapı kullanılmıştır (Chimakurthi, Reuss, Tooley, & Scampoli, 2018).



Şekil 5. Analiz öncesi mesh ve moment uygulaması

Sonuç olarak, hazırlanan bu sayısal modelleme altyapısı, farklı termoplastik malzemelerin dişli performansları üzerindeki etkisini objektif bir şekilde karşılaştırma imkanı sunmuştur. Belirlenen sınır şartları ve yükleme senaryoları altında gerçekleştirilen çözümler, sistemin emniyet katsayılarını ve maksimum gerilme bölgelerini ortaya koyarak, 3B yazıcı ile üretilecek prototiplerin yapısal tasarımı için temel teşkil etmiştir.

2.4.5 Geçişli Şanzımanın 3B Yazıcı ile Üretilmesi

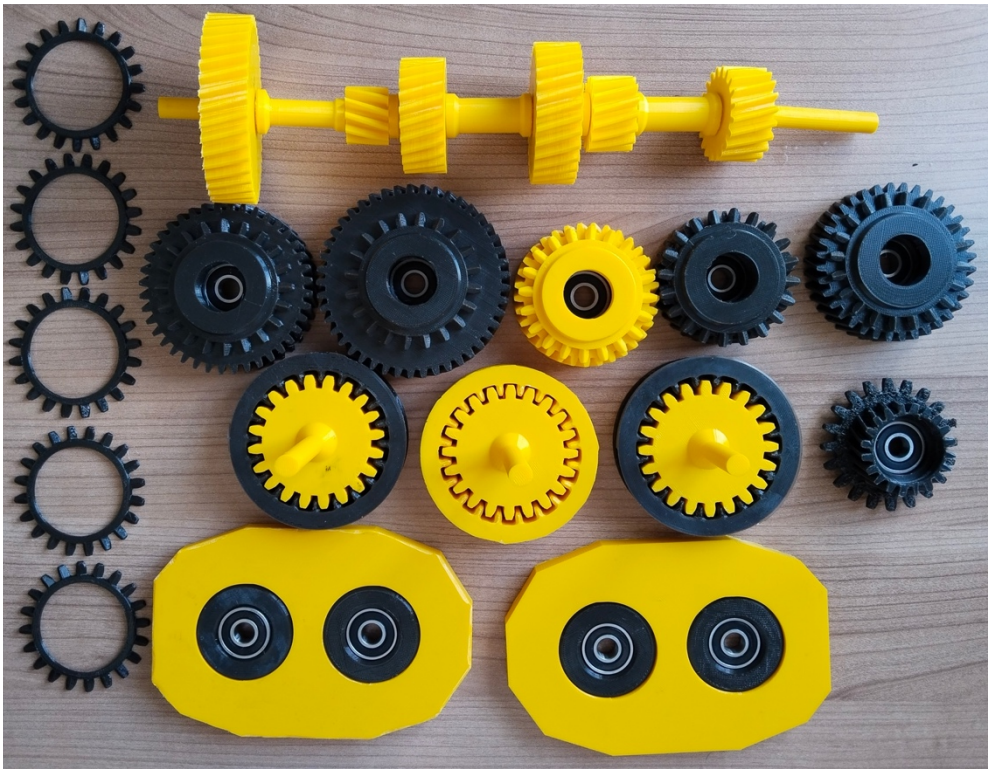
Şanzıman sisteminin tasarım süreci, teorik hesaplamalar ve statik sonlu elemanlar analizleri ile şekillenmiş; bu veriler ışığında mekanik performans, üretim kolaylığı ve boyutsal kararlılık kriterleri bir arada değerlendirilmiştir. Yapılan kapsamlı analizler sonucunda, PLA'nın gevrek yapısı ve ABS'nin üretim esnasındaki yüksek çarpılma (warping) riski göz önünde bulundurularak, her iki malzemenin avantajlı yönlerini bünyesinde barındıran PETG (Polietilen Tereftalat Glikol) filamentinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 2. 3B parçaların temel baskı parametreleri

İşlem Parametresi	**PETG Filament**
Ekstrüzyon Sıcaklığı (°C)	230
Yatak Platformu Sıcaklığı (°C)	60
Katman Kalınlığı (mm)	0,2
Başlangıç Katman Kalınlığı (mm)	0,2
Duvar Çizgisi Sayısı	2
Alt ve Üst Çizgi Sayısı	4
Raster Açısı	45°/-45°
Dolgu Deseni	Triangles
Dolgu Hızı (mm/s)	120
Baskı Sıcaklığı (°C)	250
Nozzle Çapı (mm)	0,4
Oda Sıcaklığı (°C)	25±1
Bağıl Nem (%RH)	50±5

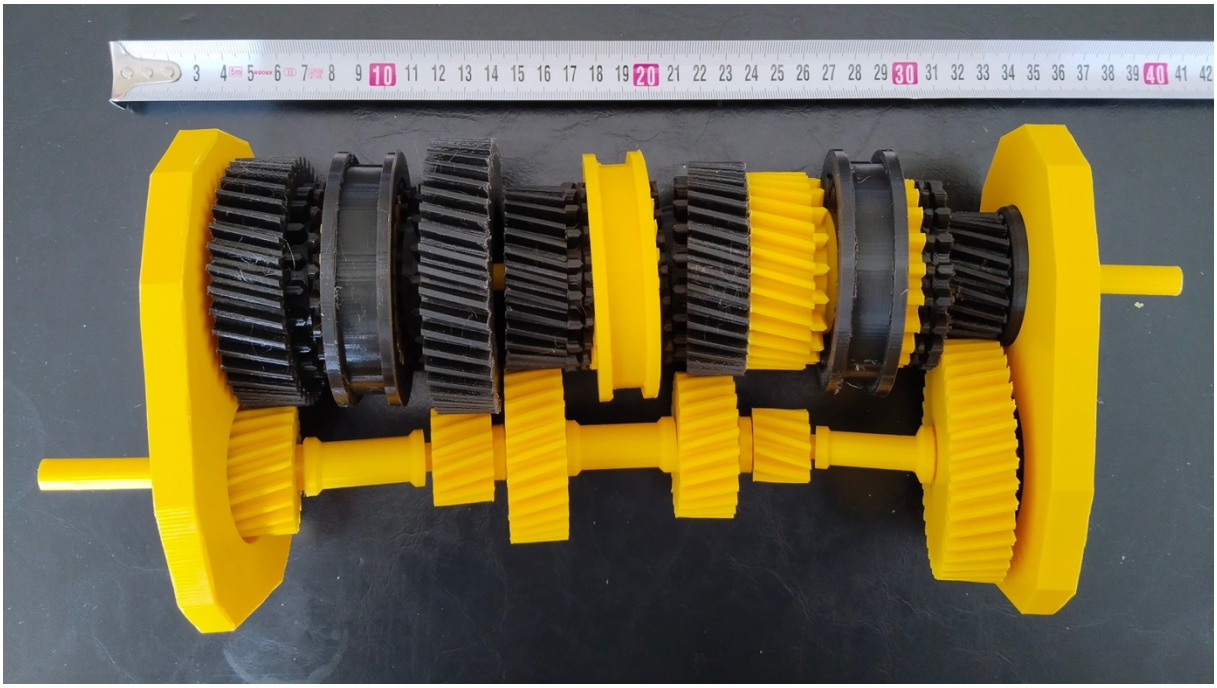
Üretim kalitesinin tekrarlanabilirliği ve parçaların mekanik mukavemetinin analitik sonuçlarla örtüşmesi için baskı parametreleri hassas bir şekilde konfigüre edilmiştir. Tablo 2'de detaylandırılan temel baskı parametreleri, PETG malzemesinin termal karakteristiğine göre optimize edilmiştir. 230°C ekstrüzyon sıcaklığı ve 60°C yatak sıcaklığı seçilerek katmanlar arası kohezyon artırılmış, %100 doluluk oranını temsil eden "Triangles" dolgu deseni ile yapısal rijitlik maksimum seviyeye çıkarılmıştır. Literatür, katman kalınlığının ve baskı sıcaklığının FDM yöntemiyle üretilen parçaların anizotropik özellikleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmektedir; bu doğrultuda seçilen 0,2 mm katman kalınlığı, yüzey kalitesi ve üretim hızı arasında ideal bir denge sağlamıştır.

Şekil 6'da görüldüğü üzere, şanzımanı oluşturan tüm bileşenler belirlenen parametreler doğrultusunda 3B yazıcı ile üretilmiştir. Mil ve dişli gruplarının monoblok tasarımı ile montaj karmaşıklığının azaltılması amaçlanmıştır. Üretilen parçalardaki sarı ve siyah renk ayrımı, sistemin giriş ve çıkış millerini görsel olarak ayırmanın yanı sıra, montaj esnasında hata payını minimize etmek amacıyla tercih edilmiştir.



Şekil 6. Şanzıman parçalarının 3B yazıcı ile üretimi

Üretim sonrası aşamada, tekil parçaların bir araya getirilmesiyle oluşturulan nihai sistem Şekil 7'de sunulmuştur. Sistemin son montajlı halindeki yaklaşık 40 cm'lik toplam uzunluğu, sanal model ile nihai fiziksel çıktı arasındaki boyutsal hassasiyetin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu boyutsal doğruluk ve sistemin işlevsel mobilitesi, çalışmanın temel hedeflerinden biri olan interaktif eğitim materyali niteliğini pekiştirmektedir. Karmaşık dişli geçişlerinin ve senkromeç mekanizmasının çıplak gözle izlenebildiği bu tasarım, makine elemanları ve otomotiv teorisi derslerinde teorik bilginin somutlaştırılması amacıyla kullanılacaktır. Öğrencilerin vites değiştirme mekanizmasını manuel olarak simüle etmelerine olanak tanıyan bu prototip, güç aktarma organlarının çalışma prensiplerini kavratmak için etkili bir görsel ve dokunsal öğrenme aracı işlevi görecektir.



Şekil 7. 3B yazıcı ile üretilen parçaların montajlanmış son hali

Bu çalışma; Solidworks ortamında gerçekleştirilen hassas CAD modelleme süreci ile başlayan, Ansys Workbench üzerindeki sonlu elemanlar analizleriyle teorik doğrulaması yapılan ve nihayetinde katmanlı üretimle

somutlaşan bütünsel bir mühendislik döngüsünü temsil etmektedir. Deneysel süreçte elde edilen çekme testi verilerinin ve mekanik hesaplamaların Excel aracılığıyla istatistiksel olarak işlenmesi, PETG malzemesinin hem yapısal rijitlik hem de üretim kararlılığı açısından en optimal seçenek olduğunu kanıtlamıştır. Tasarlanan bu fonksiyonel şanzıman prototipi, mühendislik hesaplamalarının doğruluğunu teyit etmenin yanı sıra, otomotiv teknolojileri eğitiminde karmaşık mekanik sistemlerin kavranmasını kolaylaştıran interaktif bir eğitim materyali olarak literatüre katkı sağlamaktadır.

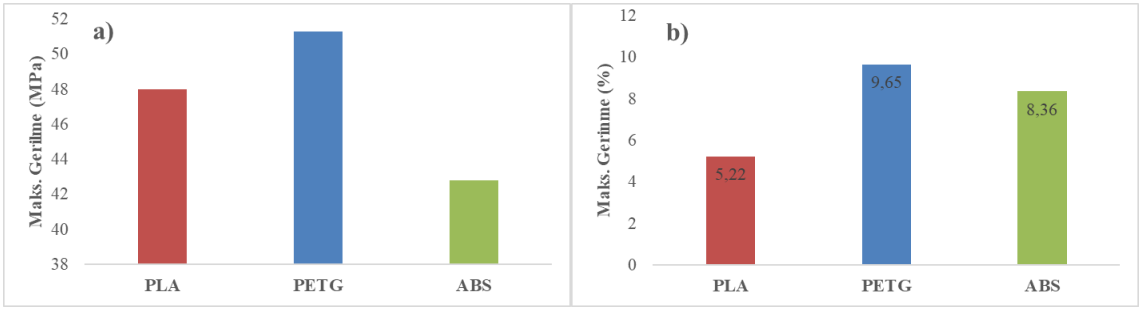
3. Bulgular

Proje kapsamında yapılan çalışmaların sonuçları mekanik özellikler ve sonlu elemanlar analizi olmak üzere iki kısımda incelenmiştir.

3.1.Mekanik Özellikler

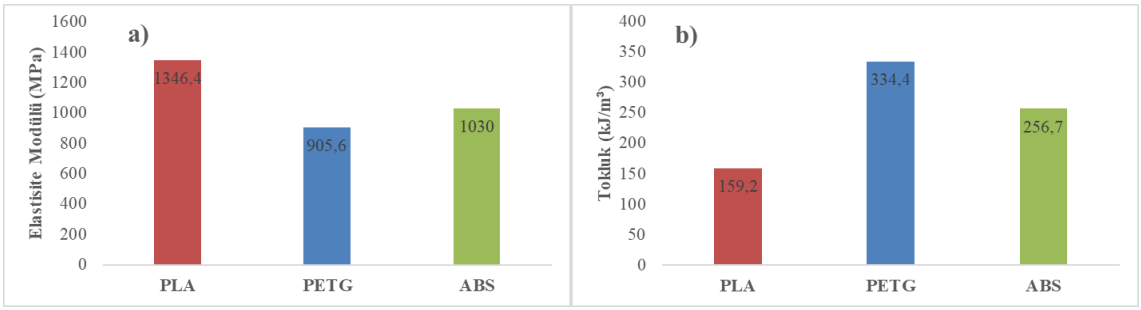
Şanzıman bileşenlerinin tasarım aşamasında hedeflenen yapısal performansı sergileyebilmesi için hammadde seçimi kritik bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, katmanlı üretimde yaygın olarak kullanılan PLA, ABS ve PETG polimerlerinin mekanik karakteristiklerini belirlemek amacıyla çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda elde edilen ham veriler, Microsoft Excel yazılımı aracılığıyla istatistiksel analize tabi tutularak görselleştirilmiş ve her bir malzemenin gerilme-gerinim karakteristiği nicel olarak tanımlanmıştır.

Çekme testi verilerinin Excel üzerinde işlenmesiyle oluşturulan Şekil 8, malzemelerin taşıyabildikleri maksimum gerilme (akma dayanımı sınırları) ve kopma anındaki maksimum gerinim değerlerini sunmaktadır. Grafik (a) incelendiğinde, PETG numunesinin 51,3 MPa ile en yüksek maksimum gerilme değerine ulaştığı, ABS'nin ise 42,8 MPa ile en düşük direnci sergilediği görülmektedir. Gerinim değerlerinin sunulduğu grafik (b) ise malzemelerin süneklik kapasitelerini ortaya koymaktadır. PETG, %9,65'lik gerinim değeriyle en yüksek uzama kabiliyetini göstererek hem dayanım hem de elastik deformasyon kapasitesi açısından öne çıkmaktadır. Literatürde PETG'nin, PLA'nın mukavemeti ile ABS'nin tokluğunu birleştiren bir "hibrit" polimer olarak tanımlanması, bu deneysel bulguları desteklemektedir (Prajapati, Sharma, Kumar, Pandey, & Pandey, 2024).



Şekil 8. Test edilen malzemelerin maksimum gerilme (a) ve gerinim (b) değerleri

Malzemelerin rijitlik ve enerji absorbe etme yetenekleri, Şekil 9'da sunulan elastisite modülü ve tokluk değerleri üzerinden analiz edilmiştir. Grafik (a), PLA'nın 1346,4 MPa ile en yüksek elastisite modülüne sahip olduğunu, dolayısıyla en rijit malzeme karakterini sergilediğini doğrulamaktadır. Buna karşın grafik (b), malzemelerin gerilme-gerinim eğrisi altında kalan alanı temsil eden tokluk değerlerini karşılaştırmaktadır. PETG, 334,4 kJ/m³ değeriyle rakiplerine göre çok daha yüksek bir enerji sönümleme kapasitesi sunmaktadır. Bu durum, şanzıman dişlileri gibi ani yüklere maruz kalan sistemlerde PETG'nin darbe direnci açısından avantajlı olduğunu, PLA'nın ise yüksek rijitliğine rağmen gevrek yapısı nedeniyle çatlama riskine daha açık olduğunu kanıtlamaktadır (Martins et al., 2024).



Şekil 9. Test edilen malzemelerin elastisite modülü (a) ve tokluk (b) değerleri

Tüm bu deneysel bulgular ve hesaplanan parametreler, Tablo 3'te kapsamlı bir şekilde özetlenmiştir. Tablo verileri, yoğunluktan Poisson oranına kadar analitik hesaplamalarda ve SEA (Sonlu Elemanlar Analizi) modellemesinde kullanılan temel mühendislik sabitlerini içermektedir. Deneysel hata paylarının (±) da belirtildiği bu özet, verilerin istatistiksel güvenilirliğini ve literatürdeki standart polimer değerleriyle olan yüksek korelasyonunu göstermektedir. Özellikle Poisson oranlarının 0,36 ile 0,38 arasında değişmesi, polimerik yapıların yanal genleşme davranışlarının birbirine yakın olduğunu, ancak yapısal kararlılığın kopma dayanımı ve tokluk üzerinden farklılaştığını teyit etmektedir.

Tablo 2.3. Malzemelerin mekanik özellikleri

Mekanik Özellikler	**PLA**	**PETG**	**ABS**
Yoğunluk (g/cm³)	1,26	1,25	1,05
Elastisite Modülü (MPa)	1346,4±20	905,6±10	1030,0±15
Poisson Oranı	0,36	0,38	0,37
Max. Gerilme (MPa)	48,0±2	51,3±2	42,8±1
Max. Gerinme (%)	5,22±0,1	9,65±0,1	8,36±0,1
Tokluk (kJ/m³)	159,2±5	334,4±8	256,7±7

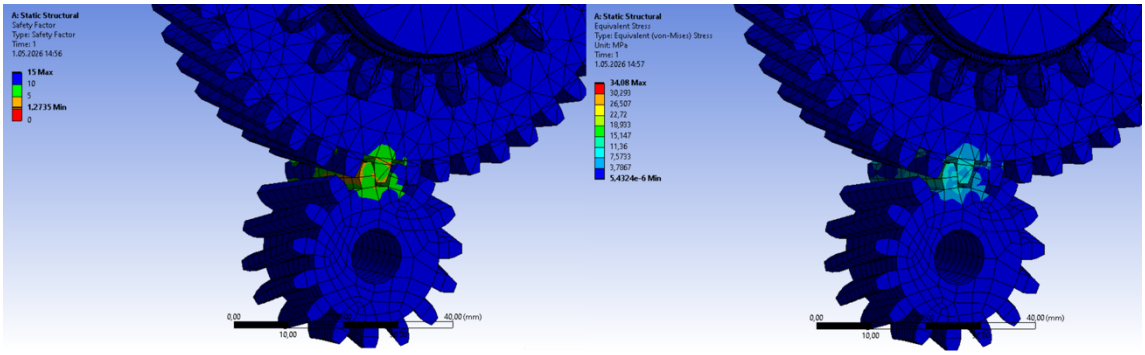
Sonuç olarak, Excel destekli verilerle gerçekleştirilen mekanik karakterizasyon çalışmaları, şanzıman tasarımında PETG kullanımının teknik gerekçelerini rasyonel bir zemine oturtmuştur. PLA'nın yüksek rijitliği teorik olarak düşük deformasyon vaat etse de, PETG'nin sunduğu yüksek tokluk ve maksimum gerilme limitleri, sistemin dinamik çalışma koşulları altındaki güvenilirliğini artırmaktadır. Bu deneysel sonuçlar, dijital ortamda gerçekleştirilen Ansys analizleri için gerçeğe en yakın giriş verilerini sağlayarak, sanal model ile fiziksel prototip arasındaki geçişin doğruluğunu pekiştirmiştir.

3.2.Ansys Analizleri

ANSYS analizleri kapsamında, modellenen helis dişli çiftinin farklı polimer malzemeler altında mekanik davranışı incelenmiştir. Bu amaçla PLA, PETG ve ABS malzemeleri ayrı ayrı tanımlanarak aynı geometri, temas koşulları, sınır şartları ve yükleme durumu altında statik yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde temel olarak güvenlik faktörü ve eşdeğer von Mises gerilmesi değerlendirilmiştir.

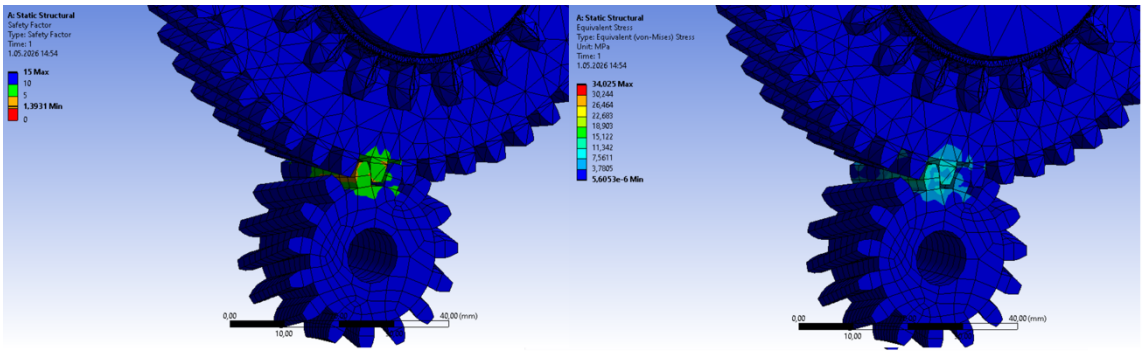
Güvenlik faktörü, dişli çiftinin uygulanan yükler altında emniyetli çalışıp çalışmadığını gösterirken; eşdeğer von Mises gerilmesi, malzeme üzerinde oluşan birleşik gerilme durumunu ortaya koymaktadır. Böylece farklı malzemelerin helis dişli sistemindeki dayanım davranışları karşılaştırılabilir hale getirilmiştir.

PLA (Polilaktik Asit) numunesi üzerinde gerçekleştirilen statik analiz sonuçlarına göre (Şekil 10), dişli temas yüzeylerinde oluşan maksimum eşdeğer Von-Mises gerilmesi 34,08 MPa olarak tespit edilmiştir. Bu değer, PLA'nın literatürde genel olarak kabul gören 50-70 MPa aralığındaki akma dayanımı sınırları içerisinde kalmaktadır. Şekil 3.3'te görülen 1,2735'lik minimum güvenlik faktörü (Safety Factor), malzemenin uygulanan 1000 N.mm'lik yük altında teorik olarak güvenli bölgede olduğunu göstermektedir. Ancak PLA'nın gevrek (brittle) doğası ve düşük camsı geçiş sıcaklığı, dinamik yüklemelerde ve ısıl değişimlerde bu güvenlik sınırının risk teşkil edebileceğini düşündürmektedir. Literatürde PLA dişlilerin yüksek sertlik değerleri sayesinde düşük deformasyon gösterdiği, ancak darbe yüklerine karşı ABS ve PETG'ye kıyasla daha dirençsiz olduğu bilinmektedir.



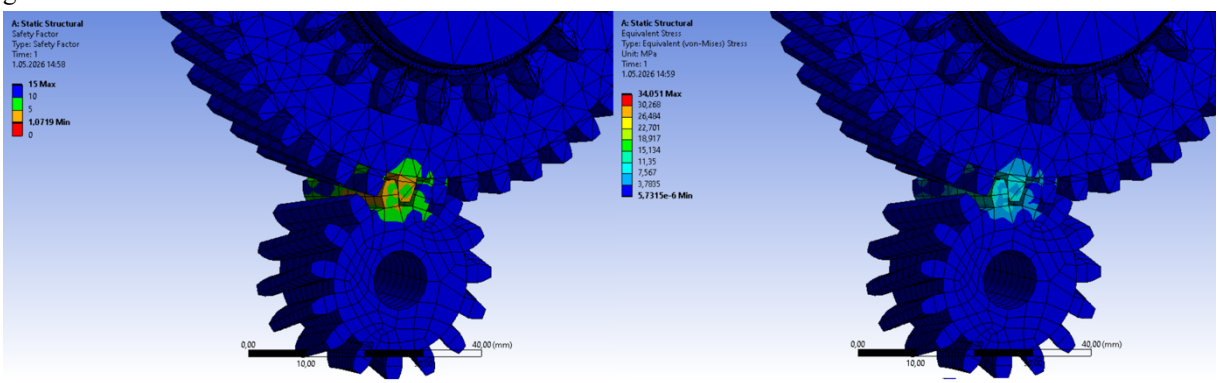
Şekil 10. PLA malzemesi tanımlanmış helis dişli çiftinin güvenlik faktörü ve eşdeğer von-Mises gerilmesi (1000 Nmm moment pinyon dişliye uygulanmakta)

PETG numunesine ait Şekil 11'teki analiz verileri incelendiğinde, maksimum eşdeğer gerilmenin 34,025 MPa seviyesinde olduğu ve bu değerin incelenen üç malzeme arasındaki en düşük gerilme değerlerinden biri olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak PETG, 1,3931 ile en yüksek minimum güvenlik faktörüne sahip malzeme olarak öne çıkmaktadır. Literatürde PETG, PLA'nın sertliği ile ABS'nin sünekliği arasında bir dengede konumlandırılmakta ve kimyasal direnci ile yorulma dayanımı sayesinde mekanik parçalar için ideal görülmektedir. Bu analiz sonucu, PETG dişlilerin yük aktarımı sırasında gerilmeyi sönümleme ve yapı bütünlüğünü koruma kapasitesinin, dişli mekanizmalarındaki operasyonel ömür açısından diğer iki malzemeye göre daha avantajlı olabileceğini kanıtlamaktadır.



Şekil 11. PETG malzemesi tanımlanmış helis dişli çiftinin güvenlik faktörü ve eşdeğer von-Mises gerilmesi (1000 Nmm moment pinyon dişliye uygulanmakta)

Şekil 12'de sunulan ABS numunesine ait analiz sonuçları, 34,051 MPa'lık bir maksimum eşdeğer gerilme ve 1,0719'luk bir minimum güvenlik faktörü değerlerini ortaya koymaktadır. ABS, incelenen malzemeler arasında 1,0'a en yakın güvenlik faktörüne sahip olması nedeniyle, 1000 N.mm'lik yükleme altında kritik sınıra en çok yaklaşan malzeme olmuştur. ABS'nin akma dayanımının (tipik olarak 30-45 MPa) PLA ve PETG'ye göre daha düşük olması, bu sonucun temel nedenidir. Ancak literatürde ABS'nin yüksek tokluk (toughness) ve darbe direnci özellikleri, dişli sistemlerinde oluşabilecek ani şok yüklerini absorbe etme noktasında bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Bu analiz, ABS dişlilerin statik yükler altında daha esnek bir davranış sergilediğini, fakat yüksek tork değerlerinde yapısal stabiliteyi korumak için tasarımda iyileştirmelere ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir.



Şekil 12. ABS malzemesi tanımlanmış helis dişli çiftinin güvenlik faktörü ve eşdeğer von-Mises gerilmesi (1000 Nmm moment pinyon dişliye uygulanmakta)

Ansys Workbench ortamında gerçekleştirilen statik analiz süreci sonunda elde edilen veriler, şanzıman tasarımının yapısal güvenilirliğini sayısal olarak doğrulamıştır. Şekil 10, 11 ve 12'de sunulan von-Mises gerilme dağılımları ve güvenlik faktörü haritaları, pinyon dişli üzerindeki kritik bölgeleri ve malzemenin bu yüklere karşı direncini net bir şekilde ortaya koymuştur. Analiz sonuçları, incelenen her üç polimerin de (PLA, PETG, ABS) 1000 N.mm tork yüklemesi altında akma sınırlarının altında kaldığını gösterse de, PETG numunesinin en yüksek güvenlik marjını sunarak operasyonel süreklilik için en dengeli performansı sergilediği saptanmıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, 5 ileri vitesli bir şanzıman sisteminin mühendislik tasarım süreci; Solidworks ile CAD modelleme, Excel destekli mekanik veri analizi, Ansys Workbench ile sonlu elemanlar doğrulaması ve 3B yazıcı teknolojisi ile fiziksel prototipleme aşamalarını kapsayacak şekilde bütünsel olarak ele alınmıştır. Deneysel ve sayısal yöntemlerin entegrasyonu sayesinde, polimer esaslı malzemelerin karmaşık güç aktarım organlarındaki performansı optimize edilmiş ve teorik tasarımın fiziksel gerçekliği doğrulanmıştır. Çalışmadan elde edilen temel bulgular doğrultusunda oluşturulan sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur:

- Gerçekleştirilen çekme testleri ve statik analizler sonucunda, PETG malzemesinin yüksek tokluk (334,4 kJ/m^3) ve yüksek gerilme limitleri (51,3 MPa) ile şanzıman dişlileri için en dengeli performansı sergilediği saptanmıştır. Dişli mekanizmalarında rijitlikten ziyade enerji sönümleme ve darbe direncinin kritik olduğu durumlarda PETG'nin, PLA ve ABS'ye göre daha güvenilir bir mühendislik alternatifi olduğu doğrulanmıştır.
- Katmanlı üretim sürecinde karşılaşılan termal büzülme ve boyutsal sapmaların önüne geçmek adına uygulanan monoblok tasarım ve tolerans payı stratejileri, sistemin montaj hassasiyetini artırmıştır. Gelecek çalışmalarda, özellikle dişli profillerindeki yüzey pürüzlülüğünü minimize etmek adına kimyasal pürüzsüzleştirme veya ileri post-proses yöntemlerinin uygulanması önerilmektedir.
- Ansys Workbench üzerinden alınan von-Mises gerilme sonuçlarının, Excel'de işlenen deneysel verilerle yüksek korelasyon göstermesi, sanal doğrulama süreçlerinin fiziksel prototipleme maliyetlerini düşürmedeki etkinliğini kanıtlamıştır. 1. vites pinyon dişlisi gibi kritik bölgelerde yoğunlaşan gerilmelerin, dinamik analizler ve yorulma testleri ile uzun vadeli çalışma koşulları altında da incelenmesi akademik açıdan faydalı olacaktır.
- Üretilen şanzıman prototipi, karmaşık mekanik sistemlerin şeffaf ve etkileşimli bir şekilde gözlemlenmesine olanak tanıyarak başarılı bir interaktif eğitim materyali teşkil etmiştir. Bu tür modellerin mühendislik eğitimine entegre edilmesi, öğrencilerin teorik tork-hız ilişkilerini ve vites geçiş kinematiğini somutlaştırmasına yardımcı olacağı değerlendirilmektedir.

Teşekkür
This study was supported by TÜBİTAK under Project Number 1919B012408153 within the scope of the 2209 Program

Kaynakça

Atakok, G., Kam, M., & Koc, H. B. (2022). Tensile, three-point bending and impact strength of 3D printed parts using PLA and recycled PLA filaments: A statistical investigation. *Journal of Materials Research and Technology, 18*, 1542-1554.

Chimakurthi, S. K., Reuss, S., Tooley, M., & Scampoli, S. (2018). ANSYS Workbench System Coupling: a state-of-the-art computational framework for analyzing multiphysics problems. *Engineering with Computers, 34*(2), 385-411.

Ekrem, M., & Yılmaz, M. (2025). Mechanical Properties of PLA, PETG, and ABS Samples Printed on a High-Speed 3D Printer. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7*(1), 161-174.

Ganeshkumar, S., Kumar, S. D., Magarajan, U., Rajkumar, S., Arulmurugan, B., Sharma, S., . . . Badran, M. F. (2022). Investigation of tensile properties of different infill pattern structures of 3D-printed PLA polymers: analysis and validation using finite element analysis in ANSYS. *Materials, 15*(15), 5142.

Hamat, S., Ishak, M., Sapuan, S., Yidris, N., Hussin, M., & Abd Manan, M. (2023). Influence of filament fabrication parameter on tensile strength and filament size of 3D printing PLA-3D850. *Materials Today: Proceedings, 74*, 457-461.

Haruna, R. (2019). Application of work-based learning model in technical and vocational education: a systematic review. *Education, Sustainability and Society*.

Jiang, D. (2023). Stress, strain, and elasticity. *Continuum Micromechanics: Theory and Application to Multiscale Tectonics*, 57-96.

Kopar, M., & Yildiz, A. R. (2023). Experimental investigation of mechanical properties of PLA, ABS, and PETG 3-d printing materials using fused deposition modeling technique. *Materials Testing, 65*(12), 1795-1804.

Krishnanand, & Taufik, M. (2021). Fused filament fabrication (FFF) based 3D printer and its design: a review. *Advanced Manufacturing Systems and Innovative Product Design: Select Proceedings of IPDIMS 2020*, 497-505.

Krismadinata, K., Jalinus, N., Rizal, F., Sukardi, P. S., Ramadhani, D., Lubis, A. L., . . . Novaliendry, D. (2020). Blended learning as instructional model in vocational education: literature review. *Universal Journal of Educational Research, 8*(11B), 5801-5815.

Kumar, R., Sharma, H., Saran, C., Tripathy, T. S., Sangwan, K. S., & Herrmann, C. (2022). A comparative study on the life cycle assessment of a 3D printed product with PLA, ABS & PETG materials. *Procedia CIRP, 107*, 15-20.

Liu, B., Dong, B., Li, H., Lou, R., & Chen, Y. (2024). 3D printing finite element analysis of continuous fiber reinforced composite materials considering printing pressure. *Composites Part B: Engineering, 277*, 111397.

Lucente, G., Montanari, M., & Rossi, C. (2007). Modelling of an automated manual transmission system. *Mechatronics, 17*(2-3), 73-91.

Martins, R. F., Branco, R., Martins, M., Macek, W., Marciniak, Z., Silva, R., . . . Malça, C. (2024). Mechanical properties of additively manufactured polymeric materials—PLA and PETG—for biomechanical applications. *Polymers, 16*(13), 1868.

Perera, Y. S., Exley, O., Dananjaya, S. V., Hansika, N., & Abeykoon, C. (2025). Investigation of the mechanical properties of 3D printed hollow parts with finite element analysis. *Journal of Materials Research and Technology, 36*, 8826-8839.

Prajapati, S., Sharma, J. K., Kumar, S., Pandey, S., & Pandey, M. K. (2024). A review on comparison of physical and mechanical properties of PLA, ABS, TPU, and PETG manufactured engineering components by using fused deposition modelling. *Materials Today: Proceedings*.

Raja, S., Agrawal, A. P., P Patil, P., Thimothy, P., Capangpangan, R. Y., Singhal, P., & Wotango, M. T. (2022). Optimization of 3D printing process parameters of polylactic acid filament based on the mechanical test. *International Journal of Chemical Engineering, 2022*(1), 5830869.

Rojewski, J. W. (2009). A conceptual framework for technical and vocational education and training. In *International handbook of education for the changing world of work: Bridging academic and vocational learning* (pp. 19-39): Springer.

Saggiomo, V. (2022). A 3D printer in the lab: not only a toy. *Advanced Science, 9*(27), 2202610.

Yaghoubi, M., & Tavakoli, H. (2022). Spur and helical gear drives. In *Mechanical Design of Machine Elements by Graphical Methods* (pp. 197-222): Springer.

PARAMEDİK ÖĞRENCİLERİNİN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİM ARAÇLARINA YÖNELİK GÖRÜŞLERİ: NİTEL BİR ODAK GRUP ÇALIŞMASI

PARAMEDIC STUDENTS' PERSPECTIVES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE–SUPPORTED EDUCATIONAL TOOLS: A QUALITATIVE FOCUS GROUP STUDY

Dr. Öğr Üyesi Nida KIYICI[1]
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KAYA[2]

Özet

Amaç: Bu çalışmanın amacı, paramedik öğrencilerinin yapay zekâ destekli eğitim araçlarına yönelik görüşlerini, kullanım deneyimlerini ve bu araçların öğrenme süreçleri ile mesleki gelişimlerine etkisini incelemektir.
Materyal ve Metot: Araştırma, nitel odak grup deseniyle yürütülmüştür. Çalışma grubunu, bir devlet üniversitesinin İlk ve Acil Yardım Programı'nda öğrenim gören 15 paramedik öğrencisi oluşturmuştur. Katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Veriler yarı yapılandırılmış odak grup görüşmeleriyle toplanmış ve tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.
Bulgular: Analiz sonucunda öğrenmeyi kolaylaştırma, hız ve erişilebilirlik, güven ve bilgi doğruluğu, yüzeysel öğrenme ve bağımlılık, mesleki becerilere sınırlı katkı ve geleceğe yönelik beklentiler olmak üzere altı tema belirlenmiştir.
Sonuç: Yapay zekâ araçlarının teorik öğrenmeyi desteklediği, ancak uygulama temelli klinik becerilerin geliştirilmesinde sınırlı kaldığı görülmüştür. Eğitim süreçlerinde dengeli ve etik kullanım önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Yapay zekâ, paramedik eğitimi, nitel araştırma, odak grup, sağlık eğitimi*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, nida.kiyici@yobu.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, gulsah.kaya@yobu.edu.tr

Abstract

Objective: This study aimed to examine paramedic students' perceptions, experiences, and attitudes toward artificial intelligence (AI)-supported educational tools and their effects on learning processes and professional development.
Materials and Methods: The study was conducted using a qualitative focus group design. The sample consisted of 15 paramedic students enrolled in the First and Emergency Aid Program at a state university. Participants were selected through purposive sampling. Data were collected through semi-structured focus group interviews and analyzed using thematic analysis.
Results: Six main themes were identified: facilitation of learning, speed and accessibility, trust and information accuracy, superficial learning and dependency, limited contribution to professional skills, and future expectations.
Conclusion: AI-supported tools were found to support theoretical learning; however, their contribution to the development of practice-based clinical skills remained limited. Therefore, a balanced and ethical use of AI in educational processes is recommended.

Keywords: *Artificial intelligence, paramedic education, qualitative research, focus group, health education*

1.Giriş

Yapay zekâ (YZ), büyük veri kümelerinin analizi yoluyla öğrenme, akıl yürütme ve problem çözme gibi insan bilişsel işlevlerini taklit edebilen akıllı sistemlerin geliştirilmesini ifade eder (Kurni ve Mohammed, 2023: s.112-121). Son yıllarda yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin hızlı gelişimi, sağlık hizmetlerinden eğitim süreçlerine kadar birçok alanda köklü dönüşümlere yol açmıştır. Özellikle büyük dil modelleri, karar destek sistemleri ve simülasyon tabanlı uygulamalar, sağlık profesyonellerinin eğitiminde yeni fırsatlar sunmaktadır. Yapay zekânın klinik süreçlerde tanı, tedavi ve veri yönetimi gibi alanlarda etkin bir şekilde kullanılmaya başlanması, sağlık eğitiminde de bu teknolojilere yönelik farkındalık ve yetkinlik gereksinimini artırmıştır (Blanco vd., 2025: s.7; Michalczak vd., 2025: s.6-9).

Tıp ve sağlık bilimleri eğitiminde yapay zekâ destekli araçların kullanımı, öğrenme süreçlerini daha esnek, bireyselleştirilmiş ve etkileşimli hale getirme potansiyeline sahiptir. Literatürde, yapay zekânın özellikle bilgiye hızlı erişim, içerik özetleme, klinik senaryo üretimi ve simülasyon uygulamaları aracılığıyla öğrencilerin öğrenme performansını artırdığı belirtilmektedir (Salih, 2024: s.3-4; Michalczak vd., 2025: s.9). Bununla birlikte, yapay zekâ temelli öğrenme ortamlarının öğrencilerin eleştirel düşünme becerileri, uzun süreli bilgi kalıcılığı ve akademik dürüstlük üzerindeki etkileri konusunda çeşitli tartışmalar da bulunmaktadır (Seneviratne vd., 2025: s.7).

Öğrencilerin yapay zekâya yönelik algıları ve kullanım deneyimleri, bu teknolojilerin eğitim sistemine entegrasyonunda belirleyici bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalar, sağlık alanı öğrencilerinin yapay zekâyı genellikle öğrenmeyi kolaylaştıran ve zaman kazandıran bir araç olarak değerlendirdiğini, ancak bilgi doğruluğu, etik sorunlar ve aşırı bağımlılık gibi konularda endişeler taşıdığını göstermektedir (Mousavi Baigi vd., 2025: s.11; Seneviratne vd., 2025: s.5-6). Ayrıca, yapay zekâ okuryazarlığının sağlık eğitiminde henüz yeterince yer almaması, öğrencilerin bu teknolojileri etkin ve güvenli bir şekilde kullanmalarını sınırlayan önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Mousavi Baigi vd., 2025: s.11).

Özellikle uygulama ağırlıklı eğitim gerektiren paramedik programlarında, yapay zekâ destekli araçların rolü daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Paramedik eğitimi; hızlı karar verme, klinik beceri geliştirme ve gerçek yaşam senaryolarına dayalı uygulamaları içermektedir. Bu nedenle, yapay zekâ araçlarının teorik bilgi sağlamadaki avantajlarına rağmen, uygulamalı beceri gelişimine katkısının sınırlı olabileceği düşünülmektedir. Literatürde, sağlık öğrencilerinin yapay zekâyı daha çok teorik öğrenme ve bilgiye erişim amacıyla kullandıkları, ancak klinik becerilerin geliştirilmesinde geleneksel yöntemlerin hâlen ön planda olduğu belirtilmektedir (Blanco vd., 2025: s.1).

Mevcut çalışmalar incelendiğinde, yapay zekânın sağlık eğitimi üzerindeki etkilerine ilişkin bulguların büyük ölçüde tıp fakültesi öğrencileri üzerinde yoğunlaştığı, paramedik öğrencileri gibi spesifik gruplara yönelik araştırmaların ise sınırlı olduğu görülmektedir (Salih, 2024: s.3; Seneviratne vd., 2025: s.8). Ayrıca, öğrencilerin yapay zekâya ilişkin deneyimlerini derinlemesine inceleyen nitel çalışmaların sayısı da görece azdır. Bu durum, özellikle gelişmekte olan ülkelerde sağlık eğitimi bağlamında önemli bir araştırma boşluğuna işaret etmektedir (Mousavi Baigi vd., 2025: s.11).

Bu bağlamda, paramedik öğrencilerinin yapay zekâ destekli eğitim araçlarına yönelik görüşlerinin ortaya konulması hem eğitim programlarının geliştirilmesi hem de yapay zekânın sağlık eğitimine entegrasyonu açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma, paramedik öğrencilerinin yapay zekâ kullanımına ilişkin deneyimlerini, algılarını ve beklentilerini nitel bir yaklaşımla incelemeyi amaçlamaktadır.

2.Materyal ve Metot

2.1. Araştırma deseni

Bu çalışma, paramedik öğrencilerinin yapay zekâ destekli eğitim araçlarına yönelik görüşlerini incelemek amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden odak grup görüşmeleri aracılığıyla yürütülmüştür. Odak grup görüşmelerinde benzer özellikte sınırlı katılımcı, moderatör yönetiminde fenomene ilişkin görüşlerini paylaşmakta ve tartışmaktadır. Bu paylaşımda hedeflenen, ortak bir fikirde birleşmek değildir. Konuya ilişkin görüş ve düşüncelerin bağımsız, esnek bir şekilde ifade edilmesidir. Odak grup yöntemi, katılımcıların birbirlerinin deneyimlerinden etkilenerek konuya ilişkin farklı bakış açılarını ortaya koyabilmeleri nedeniyle tercih edilmiştir (Güçlü, 2019: s.120-128).

2.2. Araştırma grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, bir devlet üniversitesinin İlk ve Acil Yardım Programı'nda öğrenim gören toplam 15 paramedik öğrencisi oluşturmaktadır. Katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme ile belirlenmiştir. Veri toplama süreci, yanıtların tekrarlayıcı hale gelmesi ve yeni bilgi üretiminin durmasıyla karakterize edilen veri doygunluğuna ulaşılması üzerine sonlandırılmıştır (Guest vd., 2006: 2.62-64). Araştırmaya dahil edilme ölçütleri; Paramedik programında aktif öğrenci olmak, daha önce yapay zekâ destekli bir eğitim aracını kullanmış olmak ve çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmektir.

2.3. Veri toplama aracı

Araştırmada veri toplama aracı olarak literatür doğrultusunda araştırmacılar tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır (Blanco vd., 2025: s.6; Michalczak vd., 2025: s.3-10; Mousavi Baigi vd., 2025: s.3-10; Salih, 2024: s.3-5; Seneviratne vd., 2025: s.3-7). Görüşme formu hazırlanırken ilgili literatür incelenmiş ve alan uzmanlarından görüş alınarak kapsam geçerliği sağlanmıştır.

Görüşme formu iki bölümden oluşmaktadır:

- Demografik bilgiler (yaş, sınıf, cinsiyet)
- Yapay zekâ kullanım deneyimi ve öğrenme sürecine yönelik 10 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu

2.4. Veri toplama süreci

Araştırma verileri, yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak gerçekleştirilen odak grup görüşmeleri aracılığıyla toplanmıştır. Odak grup görüşmeleri, nitel araştırma konusunda deneyimli araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Görüşme formunun anlaşılabilirliğini ve araştırma amacına uygunluğunu değerlendirmek amacıyla, örnekleme dahil edilmeyen beş paramedik öğrencisi ile pilot görüşme yapılmıştır. Pilot uygulama sonrasında gerekli düzenlemeler gerçekleştirilerek görüşme formuna son şekli verilmiştir.

Araştırma kapsamında 1. ve 2. sınıfta öğrenim gören paramedik öğrencileri ile her biri beş katılımcıdan oluşan toplam üç odak grup görüşmesi yürütülmüştür. Görüşmelere toplam 15 öğrenci katılmış olup, katılımcılar G1–G15 şeklinde kodlanmıştır. Görüşmeler sessiz, uygun fiziksel koşullara sahip bir toplantı ortamında gerçekleştirilmiş ve her oturum yaklaşık 45–60 dakika sürmüştür.

Görüşmeler öncesinde katılımcılara araştırmanın amacı, görüşme süreci, ses kayıtlarının kullanım amacı ve gizlilik ilkeleri hakkında bilgi verilmiş; elde edilen verilerin yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacağı açıklanarak aydınlatılmış onamları alınmıştır. Katılımcıların izinleri doğrultusunda tüm görüşmeler ses kaydına alınmış ve kayıtlar araştırmacılar tarafından kelimesi kelimesine yazıya dökülmüştür.

Araştırmanın iç geçerliğini artırmak amacıyla görüşmeler sırasında araştırmacılar tarafından katılımcı ifadeleri özetlenmiş ve tekrar edilerek doğru anlaşılıp anlaşılmadığına ilişkin geri bildirim alınmıştır. Veri toplama süreci, katılımcı yanıtlarının tekrar etmeye başlaması ve yeni tema ya da bilgi ortaya çıkmaması ile tanımlanan veri doygunluğuna ulaşıldığında sonlandırılmıştır.

2.5. Veri analizi

Elde edilen veriler, tematik analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Braun ve Clarke, 2006: s.79-98). Analiz süreci şu aşamalardan oluşmaktadır:

- Verilerin okunması ve anlamlı birimlere ayrılması
- İlk kodların oluşturulması
- Benzer kodların bir araya getirilerek temaların oluşturulması
- Temaların gözden geçirilmesi ve adlandırılması
- Bulguların yorumlanması

Verilerin analizinde MAXQDA nitel veri analiz programından yararlanılmıştır. Analiz sürecinde öncelikle görüşme metinleri ayrıntılı biçimde incelenmiş, anlamlı ifadeler belirlenerek tanımlayıcı kodlar oluşturulmuştur. Benzer özellik gösteren kodlar bir araya getirilmiş ve ilişkili kodlardan hareketle tema ve alt temalar geliştirilmiştir. Tüm veri seti sistematik biçimde kodlandıktan sonra kod listesi gözden geçirilmiş ve tematik yapı son haline getirilmiştir.

Araştırmanın güvenirliğini artırmak amacıyla kodlama ve tema oluşturma süreci iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak yürütülmüştür. Daha sonra araştırmacılar bir araya gelerek kod ve tema ilişkilerini karşılaştırmış, görüş birliği doğrultusunda temalar yeniden düzenlenmiştir. Oluşturulan tema ve alt temalar, iç tutarlılık açısından alanında uzman iki akademisyen tarafından değerlendirilmiş ve uzman görüşleri doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılarak analiz süreci tamamlanmıştır.

Nitel araştırmalarda inandırıcılığı artırmak amacıyla sık kullanılan yöntemlerden biri doğrudan katılımcı alıntılarına yer verilmesidir. Bu doğrultuda, bulgular bölümünde paramedik öğrencilerinin ifadelerinden doğrudan alıntılar sunularak araştırma bulguları desteklenmiştir.

2.6. Geçerlik ve güvenirlik

Araştırmanın inandırıcılığını sağlamak amacıyla, katılımcı görüşlerinden doğrudan alıntılar kullanılmıştır. Kodlama sürecinde uzman görüşü alınmıştır. Veriler ayrıntılı şekilde raporlanmıştır. Bu doğrultuda araştırmada Lincoln ve Guba'nın (1985: s.250-252) nitel araştırmalarda önerdiği inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve doğrulanabilirlik ölçütleri dikkate alınmıştır.

2.7. Etik ilkeler

Araştırma, Helsinki Bildirgesi'nde belirtilen kurallar ve etik ilkeler doğrultusunda yürütülmüştür. Üniversite öğrencileri çalışma hakkında bilgilendirilmiş ve katılımları için bilgilendirilmiş onamları alınmıştır. Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'nun 22.04.2026 tarih ve 4/52 sayılı kararı ile etik onay alınmıştır. Katılımcıların kimlik bilgileri gizli tutulmuş ve veriler yalnızca bilimsel amaçla kullanılmıştır.

3.Bulgular

Katılımcıların yaş ortalaması 20.0±1.2 yıl olup, örneklemin %80'ini ikinci sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Cinsiyet dağılımı dengeli olup (%53,3 kadın; %46,7 erkek), bu durum verilerin heterojen bir perspektiften elde edildiğini göstermektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Katılımcıların sosyodemografik özellikleri (N=15)

Değişken	**n**	**%**
Sınıf		
1. Sınıf	3	%20
2. Sınıf	12	%80
Cinsiyet		
Kadın	8	%53,3
Erkek	7	%46,7
Yaş Ortalaması	20.0 (±1.2) (min: 18 – max: 22)	

Tablo 2'de, tematik analiz sonucunda elde edilen ana tema ve alt temalar ile bu temalara katkı sağlayan katılımcı kodları sunulmuştur. Analiz sonucunda **altı ana tema** belirlenmiştir: öğrenmeyi kolaylaştırma, hız ve erişilebilirlik, güven sorunu ve bilgi doğruluğu, yüzeysel öğrenme ve bağımlılık, mesleki beceriye sınırlı katkı ve geleceğe yönelik beklentiler.

Tablo 2. Tema ve alt temalara göre katılımcı dağılımı

Tema	**Alt Tema**	**Katılımcılar (Kodlar)**
Öğrenmeyi Kolaylaştırma	– Konuları basitleştirme	G2, G8, G12, G13
	– Anlamayı destekleme	G4, G6, G3
	– Tekrar ve pekiştirme	G14, G9
Hız ve Erişilebilirlik	– Hızlı bilgiye erişim	G5, G7, G1
	– Zaman tasarrufu	G5, G8, G2
	– Bilgiye kolay ulaşım	G6, G12, G3
	– Yanlış bilgi üretimi	G4, G7, G12, G13

Güven Sorunu ve Bilgi Doğruluğu	– Bilgiyi doğrulama ihtiyacı – Kaynak güvenilirliği sorgulama	G1, G3, G8, G2 G5, G10
Yüzeysel Öğrenme ve Bağımlılık	– Hazırcılık – Kalıcı öğrenmenin azalması – Araştırma becerisinin azalması	G8, G11, G6 G4, G1, G9 G11, G6
Mesleki Beceriye Sınırlı Katkı	– Teorik katkı – Pratik beceri eksikliği – Klinik deneyimin yerini tutmama	G8, G12, G3, G6 G5, G11, G1 G5, G7
Geleceğe Yönelik Beklentiler	– Daha güvenilir sistemler – Eğitimle entegrasyon – Simülasyon ve uygulama entegrasyonu – Kontrollü kullanım	G4, G12, G13 G14, G5, G6 G8, G5 G1, G11, G9

Tema 1: Öğrenmeyi Kolaylaştırma

Katılımcıların büyük çoğunluğu, yapay zekâ destekli araçların öğrenme sürecini kolaylaştırdığını ifade etmiştir. Özellikle karmaşık konuların daha sade ve anlaşılır şekilde sunulması, öğrenciler tarafından önemli bir avantaj olarak değerlendirilmiştir.

“Anlamadığım konuları daha basit anlatmasını istiyorum (G13).”

“Zorlandığım konularda yardım alıyorum (G8).”

Bu bulgular, yapay zekânın öğrenciler için bir **öğrenme destekleyicisi** olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır.

Tema 2: Hız ve Erişilebilirlik

Katılımcılar, yapay zekâ araçlarının bilgiye hızlı erişim sağladığını ve zaman kazandırdığını vurgulamıştır. Geleneksel araştırma yöntemlerine kıyasla daha kısa sürede bilgiye ulaşabilme, önemli bir avantaj olarak öne çıkmaktadır.

“Saniyeler içinde öğreniyoruz (G10).”

“Çok fazla vakit kaybetmeden bilgiye ulaşabiliyoruz (G7).”

Bu tema, yapay zekânın öğrenme sürecinde **zaman verimliliğini artıran bir araç** olarak algılandığını göstermektedir.

Tema 3: Güven Sorunu ve Bilgi Doğruluğu

Katılımcıların büyük bir kısmı, yapay zekâdan elde edilen bilgilere tam anlamıyla güvenmediklerini belirtmiştir. Özellikle yanlış bilgi üretimi ve kaynak belirsizliği, öğrencilerde güvensizlik oluşturmuştur.

“Kesinlikle teyit etmeden güvenmiyorum (G1).”

“Bazen yanlış ve hatalı bilgiler vermektedir (G4).”

Bu bulgu, öğrencilerin yapay zekâyı **eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirdiğini** ve bilgileri doğrulama ihtiyacı duyduklarını göstermektedir.

Tema 4: Yüzeysel Öğrenme ve Bağımlılık

Katılımcılar, yapay zekânın öğrenme sürecini kolaylaştırmasına rağmen, uzun vadede yüzeysel öğrenmeye ve hazırcılığa yol açabileceğini ifade etmiştir.

“Bilgiye kolay ulaştığımız için çabuk unutuluyor (G4).”

“Araştırma yapmadan öğreniyoruz (G8).”

Bu tema, yapay zekâ kullanımının **derin öğrenme süreçlerini olumsuz etkileyebileceğini** ortaya koymaktadır.

Tema 5: Mesleki Beceriye Sınırlı Katkı

Katılımcılar, yapay zekâ araçlarının teorik bilgi açısından faydalı olduğunu ancak uygulamaya dayalı mesleki becerilerin gelişiminde sınırlı katkı sağladığını ifade etmiştir.

"Sahada görmeden beceri gelişmez (G10)."

"Uygulama açısından katkısı yok (G11)."

Bu bulgu, paramedik eğitiminin doğası gereği **uygulamalı öğrenmenin vazgeçilmez olduğunu** göstermektedir.

Tema 6: Geleceğe Yönelik Beklentiler

Katılımcılar, yapay zekâ destekli eğitim araçlarının gelecekte daha güvenilir, denetlenebilir ve eğitimle entegre bir şekilde kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca simülasyon temelli uygulamaların artırılması gerektiği ifade edilmiştir.

"Simülasyonla derslerimize eklenmesini isterim (G8)."

"Daha doğru ve güvenilir olmalı (G12)."

Bu tema, öğrencilerin yapay zekâyı tamamen reddetmek yerine **geliştirilmiş ve kontrollü bir şekilde kullanılmasını desteklediklerini** göstermektedir.

Elde edilen bulgular, paramedik öğrencilerinin yapay zekâ destekli eğitim araçlarını **öğrenmeyi kolaylaştıran ve hızlandıran bir araç olarak değerlendirdiğini**, ancak **bilgi doğruluğu, yüzeysel öğrenme ve uygulama becerilerine sınırlı katkı** gibi önemli sınırlılıklar nedeniyle temkinli bir yaklaşım benimsediklerini ortaya koymaktadır.

4.Tartışma

Bu çalışmada, paramedik öğrencilerinin yapay zekâ destekli eğitim araçlarına yönelik görüşleri incelenmiş ve öğrencilerin yapay zekâyı öğrenme sürecinde aktif olarak kullandıkları, ancak bu teknolojilere karşı temkinli bir yaklaşım benimsedikleri ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, literatürde yer alan çalışmalarla büyük ölçüde paralellik göstermektedir.

Araştırma bulgularına göre, öğrenciler yapay zekâ araçlarını özellikle **öğrenmeyi kolaylaştırma ve bilgiye hızlı erişim sağlama** amacıyla kullanmaktadır. Bu durum, yapay zekânın eğitimde bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunma potansiyeline işaret etmektedir. Nitekim, sağlık eğitimi alanında yapılan çalışmalar, yapay zekâ destekli araçların öğrencilerin öğrenme süreçlerini hızlandırdığını ve karmaşık bilgilerin daha anlaşılır hale getirilmesine katkı sağladığını göstermektedir (Michalczak vd., 2025: s.15-16; Mousavi Baigi vd., 2025: s.10-11; Salih, 2024: s.3; Seneviratne vd., 2025: s.4). Bu bağlamda, mevcut çalışma bulguları, yapay zekânın özellikle teorik bilgi ediniminde etkili bir öğrenme aracı olduğunu desteklemektedir.

Bununla birlikte, çalışmada elde edilen önemli bulgulardan biri, öğrencilerin yapay zekâdan elde edilen bilgilere **tam anlamıyla güvenmemeleri** ve bilgileri farklı kaynaklardan doğrulama ihtiyacı duymalarıdır. Bu durum, literatürde sıklıkla vurgulanan "yanlış bilgi üretimi" sorunu ile örtüşmektedir. Sağlık eğitimi alanında yapılan araştırmalar, yapay zekâ sistemlerinin zaman zaman hatalı veya doğrulanmamış bilgiler üretebildiğini ve bu durumun özellikle klinik eğitim açısından risk oluşturabileceğini belirtmektedir (Seneviratne vd., 2025: s.5-6). Bu bağlamda, öğrencilerin eleştirel değerlendirme becerisi geliştirmiş olmaları önemli bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Çalışmanın bir diğer önemli sonucu, yapay zekâ kullanımının **yüzeysel öğrenmeye ve hazırcılığa yol açabileceği** yönündeki öğrenci görüşleridir. Katılımcılar, bilgiye hızlı erişimin uzun vadede öğrenmenin kalıcılığını olumsuz etkileyebileceğini ifade etmiştir. Bu bulgu, yapay zekâ destekli öğrenmenin bilişsel süreçler üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarla uyumludur. Özellikle, aşırı teknoloji kullanımının öğrencilerin derin öğrenme stratejilerinden uzaklaşmasına neden olabileceği belirtilmektedir (Mousavi Baigi vd., 2025: s.3-9). Bu durum, yapay zekânın eğitimde kontrollü ve pedagojik temellere dayalı kullanımının önemini ortaya koymaktadır.

Paramedik eğitiminin doğası gereği uygulamaya dayalı olması, çalışmanın bulgularında açıkça görülmektedir. Katılımcılar, yapay zekânın teorik bilgi sağlama açısından faydalı olduğunu ancak **klinik becerilerin geliştirilmesinde sınırlı kaldığını** vurgulamıştır. Bu bulgu, sağlık eğitiminde simülasyon ve uygulamalı öğrenmenin önemini vurgulayan çalışmalarla örtüşmektedir. Özellikle acil sağlık hizmetleri gibi yüksek stres ve hızlı karar verme gerektiren alanlarda, deneyim temelli öğrenmenin vazgeçilmez olduğu ifade edilmektedir

(Blanco vd., 2025: s.7). Dolayısıyla, yapay zekâ araçlarının paramedik eğitiminde destekleyici bir rol üstlenmesi gerektiği söylenebilir.

Öte yandan, öğrencilerin yapay zekâya yönelik **gelecek beklentileri**, bu teknolojilerin eğitim sistemine entegrasyonu açısından önemli ipuçları sunmaktadır. Katılımcılar, yapay zekânın daha güvenilir, denetlenebilir ve özellikle simülasyon temelli uygulamalarla desteklenmiş bir şekilde kullanılmasını önermiştir. Literatürde de benzer şekilde, yapay zekânın eğitimde etkin kullanımının, pedagojik yaklaşımlar ve etik ilkelerle birlikte ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Creswell ve Poth, 2018: s.42-47).

Bu çalışmanın bulguları, yapay zekânın paramedik eğitiminde **tamamlayıcı bir öğrenme aracı** olarak değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Öğrenciler yapay zekâyı öğrenme sürecinde aktif olarak kullanmakta, ancak bu teknolojinin sınırlılıklarının da farkında olarak eleştirel bir yaklaşım geliştirmektedir. Bu durum, yapay zekânın sağlık eğitimine entegrasyonunda yalnızca teknolojik gelişmelerin değil, aynı zamanda pedagojik ve etik boyutların da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

5.Sonuç

Bu çalışma, paramedik öğrencilerinin yapay zekâ destekli eğitim araçlarına yönelik görüşlerini nitel bir yaklaşımla inceleyerek, öğrencilerin bu teknolojileri öğrenme süreçlerinde aktif biçimde kullandıklarını ortaya koymuştur. Araştırma bulguları, yapay zekâ araçlarının özellikle bilgiye hızlı erişim sağlama, karmaşık konuları sadeleştirme ve öğrenmeyi destekleme açısından önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, öğrencilerin yapay zekâdan elde edilen bilgilerin doğruluğu konusunda temkinli yaklaştıkları ve bilgileri farklı kaynaklardan doğrulama ihtiyacı duydukları belirlenmiştir.

Araştırmada ayrıca, yapay zekâ kullanımının uzun vadede yüzeysel öğrenme, hazırcılık ve araştırma becerilerinde azalma gibi olumsuz sonuçlara yol açabileceğine ilişkin öğrenci görüşleri dikkat çekmiştir. Özellikle uygulama ağırlıklı bir alan olan paramedik eğitiminde, yapay zekâ araçlarının teorik öğrenmeyi desteklediği; ancak klinik beceri geliştirme, uygulama deneyimi kazanma ve sahaya yönelik karar verme süreçlerinde sınırlı katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, sağlık eğitiminde uygulamalı öğrenme süreçlerinin önemini koruduğunu göstermektedir.

Katılımcılar, yapay zekâ destekli eğitim araçlarının gelecekte daha güvenilir, denetlenebilir ve eğitim programlarıyla bütünleşik şekilde kullanılmasını desteklediklerini ifade etmişlerdir. Özellikle simülasyon tabanlı uygulamalar ve klinik senaryolarla desteklenen yapay zekâ sistemlerinin paramedik eğitimine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yapay zekâ destekli araçların paramedik eğitiminde tamamlayıcı bir öğrenme aracı olarak değerlendirilmesi gerektiği söylenebilir. Ancak bu teknolojilerin etkili ve güvenli biçimde kullanılabilmesi için öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığının geliştirilmesi, eleştirel düşünme becerilerinin desteklenmesi ve etik kullanım ilkelerinin eğitim süreçlerine entegre edilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, farklı örneklem grupları ve nicel yöntemlerle yürütülecek ileri araştırmaların, yapay zekânın sağlık eğitimi üzerindeki etkilerini daha kapsamlı biçimde ortaya koyacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Blanco, M. A., Nelson, S. W., Ramesh, S., Callahan, C. E., Josephs, K. A., Jacque, B. ve Baecher-Lind, L. E. (2025). "Integrating artificial intelligence into medical education: a roadmap informed by a survey of faculty and students". Medical Education Online, 30(1): 2531177.

Braun, V. ve Clarke, V. (2006). "Using thematic analysis in psychology". Qualitative Research in Psychology, 3(2): 77-101.

Creswell, J. W. ve Poth, C. N. (2018). Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches (4th ed.). Sage.

Guest, G., Bunce, A. ve Johnson, L. (2006). "How Many Interviews Are Enough?: An Experiment with Data Saturation and Variability". Field Methods, 18(1): 59-82.

Güçlü, İ. (2019). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri Teknik Yaklaşım Uygulama. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Kurni, M. ve Mohammed, M. S. (2023). A Beginner's Guide to Introduce Artificial Intelligence in Teaching and Learning. Springer Nature.

Lincoln, Y. S. ve Guba, E. G. (1985). Naturalistic Inquiry. Sage.

Michalczak, M., Zgoda, W., Michalczak, J., Żądło, A., Nasser, A. ve Tokarek, T. (2025). "Artificial Intelligence in Medical Education: A Narrative Review". AI, 6(12): 322.

Mousavi Baigi, S. F., Sarbaz, M., Darroudi, A. ve Kimiafar, K. (2025). "Medical and Paramedical Students' Perspectives on Artificial Intelligence in a Low- and Middle-Income Country: A Cross-Sectional Study". Health Science Reports, 8(8): e71046.

Salih, S. M. (2024). "Perceptions of Faculty and Students About Use of Artificial Intelligence in Medical Education: A Qualitative Study". Cureus, 16(4): e57605.

Seneviratne, T., Kodikara, K., Abeykoon, I. ve Palpola, W. (2025). "Perception of Medical Undergraduates on Artificial Intelligence in Medical Education: Qualitative Exploration". JMIR Medical Education, 11: e73798.

SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM KAPSAMINDA DOĞA TEMELLİ YAKLAŞIMLAR İLE TASARLANMIŞ İKONİK KONUT ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

AN EXAMINATION OF ICONIC RESIDENTIAL BUILDING EXAMPLES DESIGNED WITH NATURE-BASED APPROACHES WITHIN THE SCOPE OF SUSTAINABLE DESIGN

Yüksek Mimar Edanu BİRİNCİ[1]
Prof. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN[2]

Özet

Bu çalışma sürdürülebilir tasarım kapsamında doğal çevre ile bütünleşen, ekosisteme uyumlu, doğa temelli yaklaşımlar ile üretilen ikonik konut örneklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında doğa temelli tasarım yaklaşımları ile üretilmiş, inşa edildikleri dönem, bulundukları çevre ile bağlantılı olarak ikonik yapı olarak tanımlanan konutlar analiz edilmiş, konut örnekleri üzerinden elde edilen bulgular tartışılmıştır. Bulgular doğayı önemseyen konutların insan sağlığı ve çevre üzerinde olumlu etki yaptığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Sürdürülebilir Tasarım, Doğa Temelli Tasarım Yaklaşımı, İkonik yapılar, Konut örnekleri, Biyofilik Tasarım*

[1] birincieda@icloud.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, cbelgin.dikmen@bozok.edu.tr

Abstract

This study aims to examine iconic residential building examples produced through nature-based approaches within the scope of sustainable design, integrating with the natural environment and harmonizing with the ecosystem. Within the scope of the study, residential buildings designed through nature-based design approaches and defined as iconic structures in relation to the period in which they were constructed and their surrounding environment were analysed, and the findings obtained from the residential examples were discussed. The findings indicate that residences that prioritize nature have positive effects on human health and the environment.

Keywords: *Sustainable Design, Nature-Based Design Approach, İconic Building, Residential examples, Biophilic Design*

1. Giriş

Kentleşme, nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler enerji tüketimini arttırmış, fosil yakıt kullanımının sürdürülebilir olmadığının anlaşılması yenilenebilir, çevre dostu enerji kaynaklarına yönelimi hızlandırmış ve yapıların çevresel etkilerini görünür kılmıştır. İlk kez Birleşmiş Milletler tarafından 1987 yılında kurulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayımladığı Ortak Geleceğimiz Raporu'nda gündeme gelen sürdürülebilirlik kavramı; bugünün kuşaklarının gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini tehlikeye atmadan karşılayan politikalar olarak tanımlanmıştır. Süreç içinde sürdürülebilirlik; gelecek yüzyıllarda toplumların varlığını sürdürmesini amaçlayan bir anahtar bir kavram olarak yerel, ulusal ve küresel ölçekte kabul görmüş ve pek çok sektörde benimsenmiştir. Dünya genelinde enerji ve çevresel sorunların önemli bir bölümünün yapı sektöründen kaynaklanması, yapıların yaşam döngüsü boyunca neden olduğu enerji tüketimi, atık üretimi, çevresel etkilerin azaltılması, iklim değişikliği ve doğal kaynakların tükenmesini önemseyen sürdürülebilir tasarım; mimarlık disiplininde temel bir paradigma haline gelmiştir. Günümüzde artan nüfus ve kentleşmenin enerji ve çevre sorunlarına sebep olması sürdürülebilirlik kavramını gündeme getirmiş, insan-doğa-mekân etkileşiminin azalması yapı sektöründe etkin rol oynayan mimarları; doğanın güzelliklerini tasarıma katan, doğal, çevre dostu yapı malzemelerini kullanan, doğanın iyileştirici gücünden yararlanan tasarımlara yöneltmiştir.

Sürdürülebilir tasarım; çevreci ve doğru malzeme seçimi, enerji verimliliği, su ve atık gibi çok boyutlu ölçütler üzerinden değerlendirilmektedir. Sanayi Devrimi sonrası değişen yaşam biçimine, çeşitlenen işlevler ve yapı malzemelerine uygun olarak Modern Mimarlık söyleminden günümüze farklı tasarım yaklaşımları ile yapılar üretilmişse de süreç içerisinde İnsan Odaklı (Human-Centered) tasarım yaklaşımları yerine, insan-doğa etkileşimini önemseyen Doğa Temelli (Nature-Based) tasarım yaklaşımları benimsenmiştir.

Mimarlık disiplininde en çok kullanılan doğa temelli tasarım yaklaşımları arasında doğada her şeyin en güzelinin varlığını kabul ederek doğal formları kullanan *Art Nouvea (Yeni Sanat)*, Modern Mimarlık sürecinde *Organik Tasarım*; erken dönem örneklerde doğanın olduğu gibi taklit edildiği, geç dönem örneklerde ise doğadaki canlıların biçimlerini, işlevlerini ve sistemlerini taklit ederek, doğaya öykünerek enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik sağlayan *Biomimetik Tasarım* ile mimari tasarımda doğal aydınlatma, doğal havalandırma, doğal yapı malzemeleri, doğada var olan biçimler, renk, doğal bir peyzaj, su ögesi veya manzara kullanımını önemseyen ve bitki, hayvan ögelerini kullanan *Biyofilik Tasarım* en bilinen tasarım yaklaşımlarıdır. Biyomimetik tasarım kapsamında başlangıçta biçimsel olarak yalı çapkını kuşundan esinlenen hızlı trenler, materyal olarak köpek balığı derisinden ilhamla çabuk kuruyan mayolar ve lotus çiçeği etkisiyle kendi kendini temizleyen nanoteknolojik yapı malzemeleri uygulanmıştır. Süreç içerisinde doğada var olan canlıların sistemleri ve davranış kalıpları örnek alınarak doğal ışık kontrolü ve havalandırma sağlayan yapılar tasarlanmıştır. 1981 yılında Paris'te açılan bir yarışma ile Jean Nouvel Architecture tarafından tasarlanan ve 1987 yılında yapımı tamamlanan Institue du Monde Arabe (Arap Dünyası Enstitüsü) yapısı; çevresel algılayıcıların hareketiyle otomatik yanıta dayalı ve Biyomimetik yaklaşımla üretilen ilk yapı örneklerindendir. Tasarımlarında doğal ışığın etkin ve verimli kullanımına dikkat çeken Nouvel; bu yapıda insan gözünün ısı ve ışık karşısındaki davranışını hareket unsuru katarak taklit eden aktif bir cephe kullanmaktadır). Yapının güney cephesinde Arap mimarisindeki geometrik motiflerden oluşan metalik düzlemler üzerindeki güneş pilleri, bilgisayar aracılığıyla günde en fazla on sekiz kez hareket ederek orta ışık seviyesini ayarlayan 240 adet farklı büyüklükte ışığa duyarlı mekanik diyafram; dış ortam ışık seviyesine göre insan gözü gibi otomatik olarak küçülüp büyüyebilmektedir (Archdaily, 2012a) (Görsel 1). Benzer şekilde 2012 yılında Güney Kore'de *Yaşayan Okyanus* konsepti ile tasarlanan tematik pavyonda (One Ocean Tematik Pavilion EXPO 2012) Cennet Kuşu bitkisi ve köpekbalığı solungacından ilham alınarak biyomimetik bir cephe tasarlanmış, köpekbalığı solungacının açılıp kapanma hareketini yapan, kanatlı, cam elyaf takviyeli polimerden oluşan çok katmanlı sürdürülebilir bir cephe uygulanmıştır (Archdaily, One Ocean Tematik Pavilion EXPO 2012) (Archdaily, 2012b) (Görsel 2.).

Görsel 1. Institue du Monde Arabe (Archdaily, 2012a)

Görsel 2. One Ocean Tematik Pavilion EXPO 2012 (Archdaily, 2012b)

Yapılan akademik çalışmalar, bu yaklaşımlar arasında İyileştirici Mimarlık olarak tanımlanan Biyofilik Tasarım ilkeleri ile tasarlanmış doğayı ve doğal çevreyi tasarım parametresi olarak dikkate alan konut, hastane, okul ve iş yeri tasarımlarında insan sağlığının, mutluluğunun, iş verimliliğinin ve üretkenliğinin arttığını kanıtlamaktadır. Benzer şekilde yakın geçmişte yaşanan COVİD 19 Pandemisi sokağa çıkışın sınırlandığı günlerde doğaya ve doğal çevreye ne denli gereksinim duyduğumuzu, bu süreçte insan kaynaklı tahribatlar karşısında doğanın kendisini onarma olanağı bulduğunu göstermiştir.

Bu çalışma sürdürülebilir tasarım kapsamında Modern Mimarlık söyleminden günümüze, doğal çevre ile bütünleşen, ekosisteme uyumlu davranan, doğa temelli yaklaşımlar ile üretilen ikonik konut örneklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında doğa temelli tasarım yaklaşımları ile üretilmiş, inşa edildikleri dönem ve bulundukları çevre ile bağlantılı olarak simgesel değer taşıyan, ikonik yapılar olarak anılan konutlar *Biçim, İşlev ve Mekânsal Kurgu*; *Strüktür ve Yapı Malzemesi, Plan ve Kesit özellikleri* ve *Kent Kimliği* açısından analiz edilmiş, doğa temelli tasarım yaklaşımı ile üretilen konut örnekleri üzerinden elde edilen bulgular tartışılmıştır. Bulgular doğayı önemseyen konutların insan sağlığı ve çevre üzerinde olumlu etki yaptığını göstermektedir. Konutların mimarlık disiplininde en çok üretilen ve insan-doğa etkileşiminin en yoğun yaşandığı yapılar olması çalışma konusunun seçilmesinde belirleyici olmuştur.

2.İkonik Konut Örneklerinin Seçimi ve Analizi

Çalışmada sürdürülebilir tasarım kapsamında Modern Mimarlık söyleminden günümüze doğal çevre ile bütünleşen, ekosisteme uyumlu davranan, doğa temelli yaklaşımlar ile tasarlanmış ikonik konut örnekleri arasından Frank Lloyd Wright'ın Şelale Evi, Ludwig Mies Van der Rohe'nun Farnsworth Evi, Le Corbusier'in Unité d'Habitation ve Rem Koolhass ve OMA'nın The Interlace Residence Kompleksi örneklem olarak seçilmiş, yapılar *Biçim, İşlev ve Mekânsal Kurgu*; *Strüktür ve Yapı Malzemesi, Plan ve Kesit özellikleri* ve *Kent Kimliği* açısından analiz edilmiştir. Yapıların seçiminde müstakil ve çok sayıda kullanıcı tarafından ortak kullanılmaları, farklı dönemlerde, sürdürülebilir ve doğa temelli tasarım yaklaşımlarına uygun tasarlanmaları ve her bir yapının mimarlık tarihinde bir kilometre taşı niteliğinde olması belirleyici olmuştur.

2.1. Şelale Evi-Frank Lloyd Wright-1934-Pennsylvania

Amerikalı mimar Frank Lloyd Wright tarafından tasarlanan ve 1934 yılında Pennsylvania'da doğal bir şelale üzerine betonarme karkas sistemle inşa edilen, taş ve ahşap gibi doğal yapı malzemelerinin kullanımı ve organik tasarım felsefesi ile öne çıkan yapı bulunduğu çevreyle bütünleşmektedir. Arazideki şelalenin bir çevre bileşeni olarak tasarıma katıldığı yapı; total mekân anlayışı ve cephelerde kullanılan geniş cam yüzeyler aracılığı ile doğal ışık ile aydınlatılmıştır. Wright'ın doğayı yapının çevresini tanımlayan bir unsur, görsel bir arka plan olmanın ötesinde mimari tasarımın ayrılmaz bir bileşeni olarak değerlendirmesi, yapının estetik ve mekânsal açıdan doğa ile bütüncül bir ilişki kurmasına olanak sağlamıştır. Yapıda geniş konsollar aracılığıyla tasarlanan yatay betonarme teraslar ve açık alanlar, doğal kaya çıkıntılarından referansla biçimlendirilmiş, topografyanın sürekliliğini devam ettiren bir mimari unsur niteliği kazanmış ve kullanıcının kendisini doğanın içinde hissetmesini olanaklı kılmıştır. Organik tasarım anlayışı ile hafta sonu evi olarak inşa edilen, çevresiyle mükemmel bir bütünlük oluşturan yapı; arazideki şelale ve doğal çevreye saygılı mimari bir başyapıt olarak kabul edilmektedir. Mimari tasarım sürecinde bir dönüm noktası olarak kabul edilen, birçok mimar ve tasarımcıya ilham veren Şelale Evi, günümüzde ziyaretçilerin ilgisini çeken bir turistik mekân haline gelmiştir.

Biçim, İşlev ve Mekânsal Kurgu: Yapının doğal çevrenin bir parçası olma hedefiyle geliştirildiği tasarım şelale üzerine konumlandırılmış ve doğal topografyayla bütünleşmiş yatay betonarme platformlardan oluşturulmuştur. Bu yakınlık şelalenin sesinin iç mekânda sürekli hissedilmesini ve yapının sadece görsel değil işitsel olarak da doğayla bütünleşmesini sağlamıştır. İç mekânlar ve dış terasların süreklilik gösteren ilişkisi iç-dış mekân sınırlarının keskinliğini azaltarak doğa ile bütünleşmeyi desteklemektedir. Modern mimarlık anlayışının önemli yapılarından Şelale Evi'nde Wright kübik formlar yerine doğanın kendisine ait olan organik ve akışkan hatları yansıtmıştır. Wright'ın planlama anlayışına uygun biçimde mekanlar arasında hiyerarşi ve yönlendirme sağlanmakta ve doğrudan şelalenin üzerine konumlanmış ana yaşam alanında, döşemedeki cam zemin sayesinde şelale izlenebilmektedir. Yapıda taş, ahşap gibi doğal ve çevre dostu yapı malzemelerinin kullanımı; çevreyle uyumlu biçimlenme ve yapı-hacim kompozisyonu doğanın ritmini taklit eden bir mimari dil oluşturmaktadır. Tasarım modernist ilkeler ve "*Biçim işlevi izler*" *(Form follows function)* söylemiyle uyumlu olduğu kadar romantik ve yerel bağlamlı bir ifade içermektedir. Yapı günümüzde müze ve mimari anıt işlevine sahiptir (Archdaily, 2010a).

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Strüktürel kurgu uzun konsol açıklıklarıyla tanımlanmakta, yapısal sistem, betonarme döşeme plaklarının kayan teraslar şeklinde konsol olarak dışa taşmasıyla oluşmaktadır. Taşıyıcı elemanlar döşemeler ve kirişler ile yerel kayalardan yığma taş duvarlardır. Konsolların dengelenmesi için iç mekânda görünmeyen çekme elemanları ile özel donatı sistemleri uygulanmıştır. Zamanla yapının bazı kısımlarında sehim (çökme) meydana gelmiş ve restorasyonlar gerekmiştir.

Plan ve Kesit Özellikleri: Şelaleye doğru eğimli bir arazi üzerinde konumlanan üç katlı ve yaklaşık 530 m^2 alana sahip yapının zemin katı ana yaşama mekânı, yemek alanı ve mutfağa erişim sağlamakta, şömine bir ısıtma elemanı olmanın ötesinde merkezi bir çekirdek görevi görmektedir. Cam duvarlar sayesinde doğa sürekli içeride hissedilmekte, nehrin üstüne taşan betonarme konsol döşemeler manzaraya uzanmaktadır. İkinci katta yatak odaları, üçüncü katta ise Wright'ın özel çalışma alanı yer almaktadır. Her odanın doğayla teması büyük cam açıklıklarla sağlanmaktadır ve ana yatak odasından terasa çıkış bulunmaktadır. Yapıda düşey sirkülasyon sade ve kompakt olarak tasarlanmış taş merdivenler ile sağlanmakta, alt kotta özel bir platformdan şelale kotuna ve su sesine doğrudan ulaşılabilmektedir (Görsel 3.).

Görsel 3. Şelale Evi, A. Web kaynaklı görseller, B. plan ve kesitler (Archdaily, 2010)

Kent Kimliği: Şelale Evi yerel bağlamlı bir yapı olmasına karşın, modern mimarlık tarihinde evrensel bir mimari simgeye dönüşmüş, Amerika'nın en önemli yapılarından biri kabul edilerek 1966 yılında Ulusal Tarihi Yapılar Listesi'ne alınmıştır. Doğal çevreyle bütünleşen tasarımıyla, kentler için sürdürülebilir ve bağlamsal mimarlık adına güçlü bir model sunan yapı ile doğa arasında kurulan duygusal, işlevsel ve estetik bağ, mimarlığın inşa etmekten öte, yaşamla bütünleşmek olduğunu göstermektedir (Birinci, 2025).

2.2. Farnsworth Evi-Ludwig Mies Van der Rohe-1945-1951-Illinois

Alman asıllı Amerikalı mimar Ludwig Mies van der Rohe tarafından tasarlanan ve 1945-1951 yılları arasında Chicago yakınlarında, Illinois eyaleti Plano kentinde inşa edilen Farnsworth Evi; yalın çizgileri, dikdörtgen formu ve sade detaylarıyla modernist tasarım anlayışının simgesi olarak dikkat çekmektedir. Yapının üç cephesinin tamamen cam tasarlanmasından kaynaklanan şeffaflık, iç mekân ile doğa arasında kesintisiz bir görsel bağlantı sağlamaktadır. Yapının doğayla uyumlu yatay formu ve zeminden hafifçe yükseltilmiş olması çevreye saygılı bir şekilde doğaya asılmış hissi uyandırmaktadır. Mies'in "*doğaya karşı değil, doğayla birlikte yaşama*" anlayışını yansıtan yapı, doğal çevreyle iç içe ve kaynaşmış olma fikrini desteklemektedir. Mies'in "*Less is more (Az çoktur)*" anlayışı doğrultusunda, yaşam fonksiyonları sadeleştirilmiş, açık planlı yapıda sadece uyku alanı, mutfak ve banyo gibi temel işlevler için bölücüler kullanılmıştır. Doğa ile yakın ilişki kuran minimalizmi ve şeffaflık, hafiflik ve

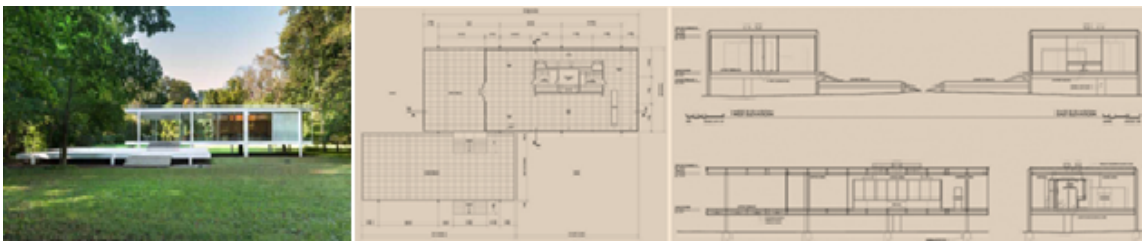
doğayla iç içelik üzerinden modernizmin rasyonel yönünü temsil eden yapıda cam cepheler kullanıcının kendini doğanın bir parçası gibi hissetmesini sağlamaktadır.

Biçim, İşlev ve Mekânsal Kurgu: Dikdörtgen prizma formunda, minimalist, modüler ve tekrarsız bir geometriye sahip olan yapının şeffaflığı ve hafifliği dışarıdan bir cam kutu izlenimi vermektedir. Bezemelerden arındırılmış; saf biçimsel geometri ve malzeme dürüstlüğü öne çıkarılmış yapı; Modern Mimarlığın sadelik, şeffaflık, yapısal dürüstlük ve doğa ile bütünleşme ilkelerini vurgulamaktadır. Zeminden yükseltilen yapıda cam cepheler doğaya tam bir açıklık ve geçirgenlik sağlamaktadır. Hafta sonu evi olarak planlanan ve tek kişilik yaşam için optimize edilmiş yapı, günümüzde mimarlık öğrencileri ve meraklıları için müze/ziyaret alanı olarak işlev görmektedir. Tek katlı, açık planlı ana yaşam alanı, mutfak, yatak bölümü ve banyodan oluşan yapıda mekânlar duvarlar yerine mobilyalar ile bölünmüş, panoramik doğa manzarasıyla bütünleşen yaşam alanında doğanın iç mekâna taşındığı hissi yaratılmıştır.

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Bölgede sık yaşanan sel riski nedeniyle önlem olarak yapının zemin seviyesinden yaklaşık 1,5 metre yükseltilmiş ve hafiflik hissi yaratılmış olması, işlevsel olduğu kadar estetik bir çözüm içermektedir. Sekiz adet çelik kolon üzerine oturtulmuş dikdörtgen bir platform ile kurgulanan yapıda kolonlar, çatı ve tabanı taşıyan döşemeler ana yapısal elemanlardır. Kesitte kolon ve kirişler açıkça görülmekte, yapının taşıyıcı sistemi sade ve net olarak algılanmakta iken, çelik çerçeve sisteminin iç mekânda kolonların görünmesini engellemesi ile kesintisiz ve total bir iç mekân elde edilmiştir. Çelik konstrüksiyonun açıkça sergilenmesi mimarın strüktürel dürüstlüğe verdiği önemin göstergesidir. Yapının strüktürünün kolonlar ve çelik kirişlerden oluşması sayesinde dış cephede kullanılan geniş cam paneller görsel geçirgenlik sağlayıcı ögelere dönüşmüş, iç-dış mekân sınırları neredeyse tamamen ortadan kaldırılmıştır. Çelik taşıyıcılar, endüstriyel cam paneller ve traverten zeminden oluşan yapının ince, yatay düzlem şeklindeki çatısı yağmur suyunu tahliye etmek için hafif eğimlidir.

Plan ve Kesit Özellikleri: Minimalist ve açık plana sahip konutun planı oldukça basit ve dikdörtgen bir düzen üzerine kurulmuştur. Tüm işlevlerin açık plan anlayışı ile çözüldüğü yapıda bölücülerin minimum düzeyde kullanılması ve mekân yüksekliğinin standardın üzerinde olması iç mekânda ferah ve açık hacim yaratmaktadır. Yaklaşık 120 m²'lik bir alana sahip ve 6x5 metrelik modüler ızgara sistemi üzerine oturtulan yapıda tüm yaşam alanları aynı düzlemde ve yapısal sistemle doğrudan bağlantılı biçimde sade ve net şekilde ayrılmıştır, ancak tamamen kapalı olmayan bölmeler mekânsal akışa izin vermektedir. Cepheler doğaya açık ve saydam bir yaşam biçimini yansıtan plan şemasını destekler biçimde, doğa ile kesintisiz görsel ilişki kurmaktadır (Archdaily, 2010b) (Görsel 4.).

Kent Kimliği: Mies'in tasarım yaklaşımı, modern kent mimarlığının biçimsel ve yapısal temellerine katkı sağlamış, kent merkezinden uzak, kırsalda inşa edilmiş olmakla birlikte Farnsworth Evi, mimarlık literatüründe ikonik modern konut örneği ve evrensel simge olarak kabul görmüştür (Birinci, 2025).



Görsel 4. Farnsworth House, Web kaynaklı görsel, plan ve kesitler (Archdaily, 2010)

2.3. Unité d'Habitation-Le Corbusier-1947-1952-Marsilya

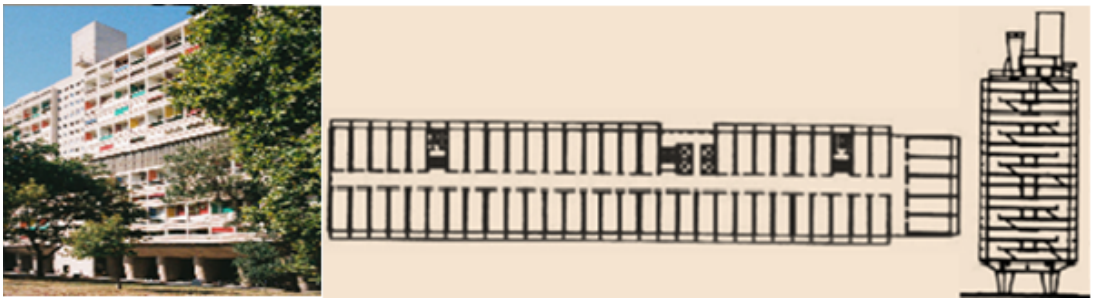
İsviçreli mimar Le Corbusier tarafından tasarlanan ve 1947-1952 yılları arasında Marsilya'da inşa edilen konut bloğu (Unité d'Habitation); modern mimarlığın en önemli toplu konut örneklerindendir. Le Corbusier'in *"dikey bahçe şehir"* anlayışını yansıtan yapı; II. Dünya Savaşı sonrasında ortaya çıkan konut ihtiyacına çözüm üretmek amacıyla tasarlanmıştır. Le Corbusier'in *"Konut içinde yaşanılan bir makinedir"* söylemi ile yaklaşık 1600 kişiyi barındıracak nitelikteki yapı; konut işlevinin yanı sıra alışveriş, sosyal etkileşim, spor ve günlük yaşam işlevlerini bir araya getiren *"şehir içinde şehir"* yaklaşımının mekânsal karşılığıdır. İçerisinde sağlık birimleri, ticari mekanlar ve küçük bir otelin yer aldığı konut bloğunun teras çatısında koşu pisti, çocuk yuvası, spor alanları, yüzme havuzu ve sosyal mekânlar tasarlanmıştır. Corbusier'in bireysel yaşam alanlarını ortak kullanım alanlarıyla bütünleştiren tasarımı kolektif yaşamı destekleyen, modernist bir sosyal konut modeli ortaya koymaktadır.

Biçim, İşlev ve Mekânsal Kurgu: Büyük ölçekli, lineer ve anıtsal bir kütleye sahip olan yapı; modern mimarinin sadelik, işlevsellik ve kolektif yaşam ilkelerini yansıtmaktadır. Yapının cephe sistemi, balkon ve güneş kırıcılarla

desteklenen modüler bir düzen içermekte, yatay bant pencereler yapının geniş kütlesini görsel olarak hafifletmektedir. Genel görünümü Le Corbusier'in ilham aldığı buharlı gemileri andıran yapının bant pencereleri gemi kamaralarını, çatıdaki heykelsi havalandırma elemanları ise baca formunu çağrıştırmaktadır.

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Betonarme strüktür ve savaş sonrası Avrupa'da ekonomik ve erişilebilir bir malzeme olan brüt beton kullanımı dönemin sert ve yıpratıcı atmosferini yansıtan estetik bir ifade biçimi olarak değerlendirilmektedir. Betonarme sistem ile büyük ölçekli kütle zeminden yükseltilmiş (piloti), zeminde dolaşım, peyzaj ve ortak kullanım alanları oluşturulmuştur. Yapı cephesinde taşıyıcı sistem açık biçimde okunabilmekte, beton yüzeylerin sıvanmadan ham olarak bırakılması strüktürel dürüstlüğü ön plana çıkarmaktadır. Yapıda Le Corbusier'in piloti, çatı bahçesi ve serbest cephe anlayışı net olarak izlenebilmekte, balkonlarda kullanılan güneş kırıcılar cepheye ritim kazandırmaktadır.

Plan ve Kesit Özellikleri: Le Corbusier'in geliştirdiği modüler oran sistemine göre tasarlanan yapı; geleneksel toplu konut tipolojilerinden farklı kurgulanmış, yapının plan şeması, iki uzun cephe boyunca yer alan dubleks konutlar, katlarda çift yükseklikli yaşam alanlarından oluşturulmuştur. Bu sistem ile her üç katta bir koridor kullanılarak sirkülasyon alanlarını azaltılmış, mekânsal verimlilik sağlanmıştır. Yatak odası olarak kullanılan dar hacimler ile geniş ve dubleks yükseklikte yaşam alanları arasındaki ilişki, iç mekânda açık hacim algısını güçlendirmektedir. Her konut biriminin iki ucunda konumlanan balkonlar çapraz havalandırma ve iç mekânların doğal ışık, hava almasına olanak tanımaktadır (Archdaily, 2023) (Görsel 5.).



Görsel 5. Unité d'Habitation, Web kaynaklı görsel, plan ve kesitler (Archdaily, 2023)

Kent Kimliği: Unité d'Habitation modern toplu konut anlayışına getirdiği yenilikçi yaklaşım ile Marsilya için olduğu kadar, Dünya mimarlık tarihi açısından da ikonik bir yapı haline gelmiştir. Kolektif yaşamı destekleyen mekânsal organizasyon, brüt beton kullanımı ve modüler tasarım anlayışıyla yapı, malzemenin en yalın haliyle sunulduğu Brütalist mimarlık akımının gelişimini etkilemiş; süreç içerisinde dünya genelinde sosyal konut projelerine örnek oluşturmuştur. Unité d'Habitation modern mimarlığın toplumsal yaşamı dönüştürme ideallerini yansıtan en önemli deneysel konut projelerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

2.4. The Interlace Residence Compleks-Rem Koolhass ve Ole Scheeren-2013-Singapoure

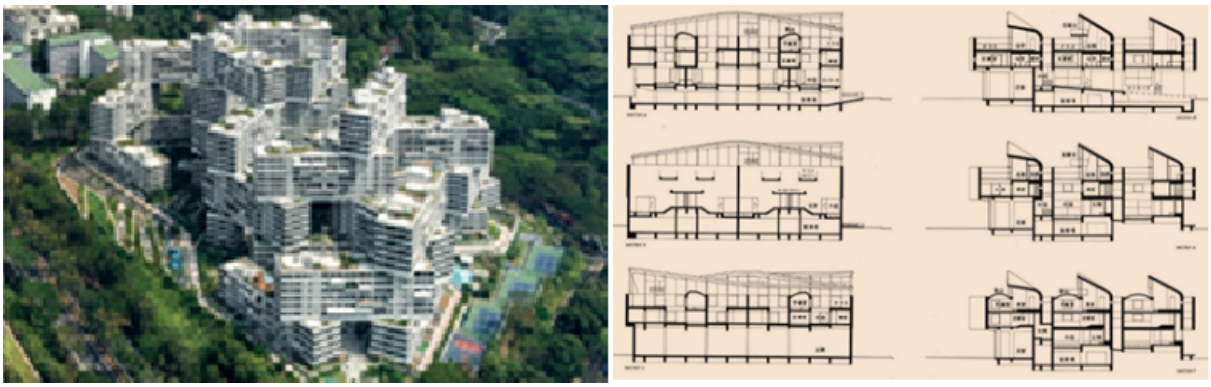
Hollandalı mimar ve OMA (Office for Metropolitan Architecture) firmasının kurucu ortağı Rem Koolhaas ve Ole Scheeren tarafından tasarlanarak 2013 yılında Singapur'da inşa edilen The Interlace konut kompleksi; sürdürülebilir ve yenilikçi tasarım yaklaşımının bir örneği ve Dünya genelinde önemli konut projelerden biridir. Yaklaşık 170.000 m^2 alanda geniş açık alanlar ve peyzaj düzenlemeleri içeren 31 bloktan oluşan proje; farklı büyüklüklerde 1040 daire içermektedir. Mega yapı konsepti ile tasarlanan farklı açılarda yerleştirilmiş ve birbirlerine bağlanarak karmaşık bir yapı oluşturan konut kompleksinde geleneksel yatay konut blokları yerine, dikey yapılanma kullanılmış, bloklar arasında geniş bahçeler ve yeşil alanlar oluşturarak sosyal etkileşim arttırılmıştır. Singapur'un standart ve yalıtılmış dikey apartman tipolojisinden farklı biçimde, her biri altı katlı ve aynı uzunlukta 31 apartman bloğunun, sekiz büyük ölçekli, açık, geçirgen ve altıgen biçimde avlu oluşturacak bir düzenleme ile birbirine çatıldığı proje; doğal çevreyle bütünleşmiş, geniş ve birbirine bağlı yaşam ve ortak alanlar içeren bloklar arasında oluşan gökyüzü bahçeleri özel ve kamusal açık teraslar oluşturmuştur.

Biçim, İşlev ve Mekânsal Kurgu: Kompleks yatay olarak yığılmış 6 katlı konut bloklarından oluşan karmaşık üç boyutlu bir matris gibi algılanmaktadır. Mekânsal kurgu iç mekânda birbirine geçiş sağlayacak ve açık planlı düzenlenen, birbirine 60°, 90° ve 120° gibi açılarla avlular ve iç bahçeler oluşturacak şekilde bağlanan bloklardan oluşmakta, kompleksin katmanlı yapısı gölgeleme, rüzgâr dolaşımı ve manzarayı optimize etmektedir. Güneş, rüzgâr ve mikro iklim koşullarının çevresel analizinin yapıldığı, araç trafiğinin minimize edildiği proje; pasif enerji stratejileri ile sürdürülebilirlik özellikler içermektedir (Birinci, 2025).

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Betonarme ve çelik (karma) taşıyıcı sistemin tercih edildiği komplekste blokların kesişme noktalarında kolon/kiriş geçişleri özel olarak hesaplanmış, yapı cephesinde cam yüzeyler, brüt beton ve metal elemanlar bir arada birlikte kullanılmıştır. Blokların çatılması ile oluşan büyük konsolların dengelenmesi strüktürel başarı olarak görülmektedir. Konut kompleksi modernizmin tekil kule fikrini sorgulayan postmodernizmin temsilcisi ve post-kulesel mimarlık örneğidir (Archdaily, 2015).

Plan ve Kesit Özellikleri: Konut kompleksinde işlev ve kullanıcı gereksinimleri ön planda tutulmuş, işlevsel ve kullanışlı alanlar için yenilikçi tasarım yaklaşımları tercih edilmiştir. Komplekste dikey yapılanmaya karşın, geniş bahçeler ve peyzaja da yer verilmiş, görsel olarak güzel bir manzara sunan bu alanlar ile sosyal etkileşim arttırılmıştır (Görsel 6.).

Kent Kimliği: The Interlace konut kompleksi Singapur'un yoğun konut üretim modeline radikal bir yaklaşım getirmiş, kentin yenilikçi örneğini temsil eden çağdaş bir kent simgesi olarak kabul gören kompleks; iklim duyarlılığı, sürdürülebilirlik ve sosyal etkileşim ölçütleri ve bloklar arasında kullanılan kamusal alanlarla Singapur kimliğine katkı sağlamıştır.



Görsel 6. Interlace Residence Complex, Web kaynaklı görsel, plan-kesitler (Archdaily, 2015)

3.Bulgular

Çalışma kapsamında analiz edilen ikonik konut örneklerinin farklı dönemlerde, farklı mimarlar tarafından farklı kararlar ile tasarlanmış olmalarına karşın; doğa temelli tasarım yaklaşımı ile üretilmiş, işlev ile birlikte taşıyıcı sistemin, estetiğin ve doğal çevrenin önemsendiği, sürdürülebilirlik kapsamında doğal aydınlatma, havalandırma ve çevre dostu yapı malzemelerinin kullanıldığı özel projeler olduğu görülmektedir. İncelenen yapılardan müstakil kullanım sunan Şelale Evi ve Farnsworth Evi'nin tek yapı ölçeğinde doğayı olduğu gibi korumakla kalmayıp, bir parametre olarak tasarıma katan ve topografya, iklim, manzara, hâkim rüzgâr, bitki örtüsü ve su öğesi gibi doğal çevre verilerini dikkate alan modern mimarlık anlayışı ile tasarlanmış ikonik konut örnekleri olduğu söylenebilir. Modern mimarlık anlayışı ile tasarlanmış görece küçük ölçekli, erken dönem toplu konut örneği Unité d'Habitation projesinde konutun içerisinde yaşam alanlarını destekleyen ortak alanların bulunması ve piloti ile yerden yükseltilen yapının zemin katının peyzaj ile desteklenerek ortak kullanıma açılması doğa temelli bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. The Interlace projesi; Unité d'Habitation gibi düşük yoğunluklu projelerin yanı sıra, yüksek yoğunluklu, büyük tasarımlarda da doğanın korunması ve tasarım girdisi olarak kullanılmasını ve bireysel yaşam yerine kollektif yaşama öncelik verilmesinin olanaklı olduğunu göstermesi açısından önemli bir örnek olarak değerlendirilmiştir. Postmodern mimarlık anlayışı ile çok sayıda konut içeren, büyük ölçekli konsept proje olarak inşa edilen The Interlace konut kompleksinde mimari; çevre ve doğanın bir parametre olarak tasarıma katılması üzerinden kurgulanmış ve sürdürülebilir stratejiler kullanılmış olmakla birlikte, konut sayısına ve projenin ölçeğine koşut olarak artan yoğunluğun üçüncü boyutta doğanın kısmen de olsa ikinci plana atıldığını düşündürmektedir.

4.Tartışma ve Sonuçlar

Sürdürülebilirlik kavramının mimarlık disiplininde kabul görmesi; tasarım ve uygulamada etkin rol oynayan mimarları doğal kaynaklar ile yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı, havanın, suyun, toprağın ve malzemenin korunumu, binanın yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası evrelerinde çevresel etkilerin ve atıkların azaltılması, fiziksel çevre verileri ve doğal çevrenin korunumu, sosyal ve kültürel değerler içeren somut ve soyut kültür mirasının korunması ve sürdürülebilir yapı tasarımının ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel

boyutları ile değerlendirilmesi konularında farkındalık yaratmış, insan sağlığı ve konforunu önemseyen sürdürülebilir tasarıma yöneltmiştir.

Yapı sektörünün doğal kaynakların, atıkların ve kirliliğin önemli bir kısmından sorumlu olması, insanların yaşamlarının büyük bölümünü kapalı mekanlarda geçirdiği gerçeğinden hareketle mimarlık eğitiminde doğa temelli tasarım yaklaşımlarının müfredata katılması sürdürülebilir bir gelecek için kaçınılmaz görülmektedir.

Kaynakça

Archdaily AD Classics: Fallingwater House/Frank Lloyd Wright, 1939, (2010a). https://www.archdaily.com/60022/ad-classics-fallingwater-frank-lloyd-wright, Erişim tarihi: 02.05.2026

Archdaily, AD Classics: Farnsworth Evi, Mies Van Der Rohe, (2010b). https://www.archdaily.com/59719/ad-classics-the-farnsworth-house-mies-van-der-rohe Erişim tarihi: 30.04.2026

Archdaily AD Classics: Unité d'Habitation /Le Corbusier, (2023). https://www.archdaily.com/85971/ad-classics-unite-d-habitation-le-corbusier Erişim tarihi: 02.05.2026

Archdaily, Interlace/OMA/Ole Scheeren, (2015). (https://www.archdaily.com/627887/the-interlace-oma-2 Erişim tarihi: 30.04.2026

Archdaily, (2012a). AD Classics: Institut du Monde Arabe-Jean Nouvel Architecture Studio. https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabejean-nouvel, (Erişim Tarihi: 10.04.2022).

Archdaily, (2012b). One Ocean, Thematic Pavilion EXPO https://www.archdaily.com/236979/one-ocean-thematic-pavilion-expo-2012-soma, (Erişim Tarihi: 10.04.2022)

Birinci, E. (2025). İkonik Yapıların Biçim, İşlev ve Strüktür Açısından İncelenmesi, Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yozgat

Polat, Z. R. ve Dikmen, Ç. B. (2024). Biyomimikri ve Kinetik Mimarlık Yaklaşımlarının Ara Kesitinde Üretilen Biyomimetik Çalışmaların Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında İrdelenmesi, Online Journal of Art and Design, Vol:12, Issue: 1, ss. 14-30

SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM KAPSAMINDA İKONİK DİNİ YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF ICONIC RELIGIOUS BUILDINGS WITHIN THE SCOPE OF SUSTAINABLE DESIGN

Yüksek Mimar Edanu BİRİNCİ[1]
Prof. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN[2]

Özet

Bu çalışma sürdürülebilir tasarım kapsamında ikonik dini yapı örneklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında örneklenen dini yapılar biçim, mekân kurgusu, strüktür, plan-kesit özellikleri ve kent kimliği açısından analiz edilmiş, bulgular tartışılmıştır. Bulgular ölçeğinden bağımsız olarak farklı dönemlerde, farklı tasarım yaklaşımları ile üretilen ikonik dini yapıların kent kimliği ve sürdürülebilir turizm konularında olumlu etkileri olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir yapı tasarımı, ikonik dini yapı örnekleri, biçim-işlev-mekânsal kurgu, çevre dostu yapı malzemesi, kent kimliği

[1] birincieda@icloud.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, cbelgin.dikmen@bozok.edu.tr

Abstract

This study aims to examine iconic religious buildings within the scope of sustainable design. Within the context of the study, the selected religious structures were analysed in terms of form, spatial organization, structural system, plan-section characteristics, and urban identity, and the findings were discussed. The findings indicate that, regardless of scale, iconic religious buildings produced in different periods and through different design approaches have positive impacts on urban identity and sustainable tourism.

Keywords: *sustainable building design,* iconic religious building examples, form-function-spatial organization, environmentally friendly building materials, urban identity

1. Giriş

Sanayi Devrimi; üretim süreçlerinin yanı sıra toplumsal yapıyı, yaşam tarzını ve mimarlık düşüncesini de köklü biçimde değiştirmiştir. Yeni yapım teknikleri ve yapı malzemelerinin ortaya çıkması, değişen mekânsal ve işlevsel gereksinimlerle birlikte, mimarlıkta biçim, işlev ve strüktür açısından gelişmelere zemin hazırlamış, Modern Mimarlık söylemini gündeme getirmiştir. Süreç içerisinde bezemelerden arındırılmış, yalın, asal geometrik formlar ve çağdaş yapım yöntemleriyle öne çıkan modern mimarlık söylemine karşıt, tarihsel göndermeler ve simgesel anlamlar içeren Postmodern mimarlık anlayışı doğmuştur. Dijital çağla birlikte bilgisayar destekli tasarım araçlarının gelişmesi, algoritmik/parametrik ve hesaplamalı tasarım gibi yeni tasarım yaklaşımları ile daha dinamik, uyarlanabilir ve sıra dışı formların üretilmesini mümkün kılmıştır. Öte yandan doğal çevrenin bozulması, enerji krizi ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlar, doğadan ilham alan mimari tasarım yaklaşımları ile sürdürülebilir mimarlık kavramını gündeme getirmiştir.

Sürdürülebilir yapı tasarımı; yapı üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarını ve çevre dostu yapı malzemelerini kullanan; enerji verimliliği ve atık gibi çevresel sorunları önemseyen; yapım sürecinin tüm evrelerinde biyolojik çeşitliliği, somut ve soyut kültür mirasını koruyan; ekolojik dengeyi gözeten, yapı ekonomisi sağlayan ve bulunduğu yer/bağlama uygun tasarlanan yapıları içermektedir. Son yıllarda öncü, aykırı ve sembolik biçimi, mekânsal kurgusu, strüktürü, plan ve kesit özellikleri ve kent kimliğine katkıları ile bulunduğu yere kimlik kazandıran ikonik yapı örneklerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışma, Sanayi Devriminden günümüze farklı mimari tasarım yaklaşımları ile üretilen, kent kimliği ile özdeşleşmiş, simgesel değer taşıyan ikonik dini yapı örneklerini biçim ve mekânsal kurgu, strüktür ve yapı malzemesi, plan ve kesit özellikleri ile kent kimliği açısından analiz etmeyi, sonuçları değerlendirmeyi ve öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Analizlerden elde edilen bulgular; farklı tasarım yaklaşımları, farklı mekânsal kurgu, strüktür, biçim ve malzemeler ile tasarlanan dini işlevli ikonik yapı örneklerinde biçim ve mekânsal kurgu, strüktür ve yapı malzemesi, plan ve kesit özellikleri konularında alınan tasarım kararlarının mimarlık disiplinine, mimari tasarım olgusuna ve kent kimliğine önemli katkı sağlayan, her biri mimarlık tarihi açısından önemli ve özel yapılar olduğunu göstermektedir.

2. İkonik Dini Yapıların Seçimi ve Analizi

Çalışmada sürdürülebilir tasarım kapsamında mimarlık tarihinde ikonik dini yapı olarak kabul gören Antoni Gaudi'nin La Sagrada Familia, Le Corbusier'in Ronchamp Şapeli (Notre-Dame du Haut), Tadao Ando'nun Işık Kilisesi ve Klein Dytham'ın Leaf Chapel'i örneklem olarak seçilmiş, yapılar *Biçim ve Mekânsal Kurgu*; *Strüktür ve Yapı Malzemesi, Plan ve Kesit özellikleri* ve *Kent Kimliği* açısından analiz edilmiştir. Yapıların seçiminde farklı dönemlerde, farklı mimarlar tarafından, farklı yaklaşımlarla tasarlanmış yapılar olmaları ve örnek yapıların tümünün mimarlık tarihinde bir kilometre taşı niteliğinde küçük ve büyük ölçekli dini yapılar olması belirleyici olmuştur.

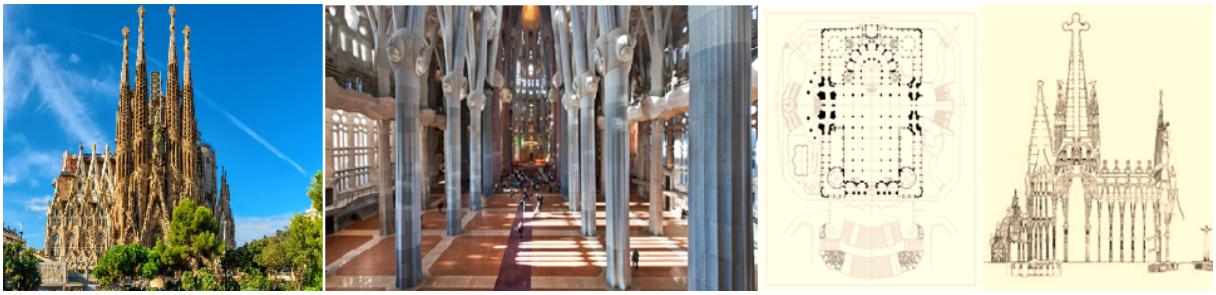
2.1. La Sagrada Familia- İspanya, 1882-….-Antoni Gaudí- Barselona

1882 yılında Antoni Gaudí tarafından Katolik Hıristiyan toplum için bir ibadet yeri olarak tasarlanan ve halen yapımı süren yapı; özgün ve dinamik formu, dini, kültürel anlamı ile Dünyanın en çok ziyaret edilen turistik mekanlarından biridir. Katolikliğin Hıristiyanlığın bir mezhebi olması nedeni ile genel anlamda Hıristiyan inancına ait temalar içeren ve önemli dini olayları tasvir eden figürler ve sembollerle farklı anlamlar içeren ve ziyaretçilere dini bilgiler sunulan yapının tamamlanmamış olması, ona tarihsel ve kültürel bir katman eklemektedir. Organik formların birleştirilmesinden oluşan gotik kilise; kuleleri, yüksekliği ve tasarımı ile ilgi toplamaktadır. Yapı cephesinde ve kulelerinde önemli dini olayları tasvir eden figürler, semboller içeren bezemeler kullanılmıştır. Yüksek kemerleri, iç mekânda taşıyıcıları ve ışık kullanımı ile dikkat çeken yapının tasarımında doğadan ilham alınmıştır.

Biçim ve Mekânsal Kurgu: Gotik ve Art Nouvea üsluplarının birleşimini ve Gaudi'nin organik mimari yaklaşımını yansıtan, birçok kule, sivri kemer, doğal ve organik formlar, detaylı kabartmalar içeren yapının biçimi kadar, 1882'den günümüze süren inşa süreci de yapıya olan ilgiyi canlı tutmaktadır.

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Yapıda düz taşıyıcılar yerine eğimli, helicoid (çift spiral) formdaki kolonlar kullanılmış; böylece dış desteklere gereksinim duyulmamıştır. Kilisenin inşasında yapı malzemeleri olarak doğal taşlar, mermer, cam ve demir kullanılmıştır. Oldukça dayanıklı olan, 20. yüzyılın başında yaşanan pek çok doğal afete karşın ayakta kalan kilisenin tasarımı ve yapısal özellikleri mimar Antoni Gaudi'nin organik mimari yaklaşımını yansıtmaktadır (Jones, 2023).

Plan ve Kesit Özellikleri: Latin haç plan şeması ile kurgulanan yapıda, beş neften oluşan ana mekân, kısa bir transept ve apsis çevresinde konumlanan yedi şapel ile geleneksel katedral plan kurgusu sürdürülmektedir. Gaudi, doğadan esinlenerek geliştirdiği tasarım yaklaşımı doğrultusunda, taşıyıcı kolonları ağaç gövdesi ve dallarını çağrıştıracak biçimde çatallanan bir strüktürel sistem olarak ele almıştır. Kolonlar örgüsel bir taşıyıcı düzen oluşturarak yapısal sürekliliği ve mekânsal bütünlüğü güçlendirmektedir (Jones, 2023). Yapının geometrik kurgusu hiperboloit ve kolloidal yüzeylerden meydana gelmekte olup, söz konusu formlar yalnızca estetik bir ifade üretmekle kalmayıp aynı zamanda strüktürel dayanımın artırılması ve doğal ışığın mekân içinde dengeli biçimde dağıtılması açısından da işlevsel katkı sağlamaktadır (Görsel 1.).



Görsel 1. La Sagrada Familia, Web kaynaklı görseller, plan-kesit (Jones, 2023; Birinci 2025)

Kent Kimliği: Sürdürülebilir turizm kapsamında özgün biçimi, taşıdığı dini ve sembolik anlamlar ve Hıristiyanlar ve turistler için bir ibadet/ziyaret yeri olarak işlev gören yapı Barselona'nın sembolü olarak anılmakta ve bir turizm kenti olarak kente kimlik kazandırmaktadır.

2.2. Notre-Dame du Haut at Ronchamp-1950-1955-Le Corbusier-Ronchamp

İsviçre asıllı Fransız mimar Charles-Edouard Jeanneret (yaygın olarak bilinen adı ile Le Corbusier) tasarımı Notre Dame du Haut (Ronchamp) Şapeli, 1950-1955 yılları arasında Fransa'nın Ronchamp kasabasında inşa edilmiş, Katolik inancı doğrultusunda ibadet ve hac mekânı olarak tasarlanmıştır. Yapı; Le Corbusier'in alışılmış düzgün geometrili, rasyonel ve modülerlik içeren modernist mimarlık anlayışından farklı biçimde oluşturulmuş plastik biçimlerin ilk örneklerindendir. Le Corbusier'in geç dönem yapıları arasında sayılabilecek şapelde modernizmin rasyonel çizgileri yerine organik, kıvrımlı ve serbest formlar kullanılmış ve daha heykelsi, duyusal ve spiritüel bir tasarım arayışına yönelinmiştir. Mimarın farklı bir biçim arayışının sonucunda ortaya çıkan ekspresyonist (dışavurumcu) tasarım; mekânsal deneyim, doğayla bütünleşme ve ışık kullanımı açısından öncü bir tasarım örneğidir. Dini yapıda kalınlıkları ve açıları değişen duvarlar, mistik bir atmosfer yaratma amacı ile süzülerek gelen ışık organik, soyut ve zamansız bir mimari dil ile matematiksel oranlardan çok sezgisel biçimlenmiştir. Mimar ışığın heykeli ifadesiyle yapıda dingin ve mistik bir iç mekân yaratmayı hedeflemiştir.

Biçim ve Mekânsal Kurgu: Biçimsel olarak geleneksel modernist mimariden ayrılan, doğayı ve dini duyguları yansıtacak şekilde soyut, spiritüel ve sembolik bir dille tasarlanan Ronchamp Şapeli, ağırlık, kapalılık ve duyusal/ruhsal yoğunluk taşıyan bir tasarımla modernizmin ötesine geçmektedir. Tasarımda mekânın işlevsel olduğu kadar ruhsal bir deneyim de sunması gerektiğini savunan Le Corbusier strüktürel açıdan kalın, eğrisel duvarlar ve serbest formlu betonarme çatısıyla teknik ve estetik açıdan güçlü bir yapı ortaya koymaktadır. Asimetrik ve farklı yönlerde eğilen duvarlar, farklı boyutlarda pencereler ve eğik çatı yapıya güçlü bir dinamiklik ve işleve uygun biçimde ruhani bir ortam sunarak yapının adeta bir heykel gibi algılanmasını sağlamaktadır. Ana duvarlardan hafifçe ayrılmış ve ince sütunlarla desteklenmiş olan çatı yapıya strüktürel, dayanıklılık ve heykelsi görünüm kazandırmakta ve arada kalan boşluklar ışığın içeri sızmasına izin vermektedir. Günümüzde dini törenler ve mimarlık ziyaretleri için kullanılan şapelin formu, heykelsi bir kompozisyon olarak şekillenmiş, özellikle çatı formu yapıya ikonik kimliğini kazandırmıştır. Asimetrik kütle düzeni ve eğimli formlarıyla geleneksel ibadet yapılarından radikal şekilde ayrılan şapelin iç mekânında ışık ve gölge oyunları, hacmin algısını sürekli değiştirmektedir. Bireysel dua ve toplu ayinler için olanak tanıyan yapı günümüzde aktif dini törenler kadar mimarlık ve kültür turizmi kapsamında da kullanılmaktadır. Mekânsal kurguda iç mekânda alçak tavanlı giriş alanından, yüksek tavanlı ana ibadet mekânına erişilmekte ve bu durum ziyaretçilerde dramatik bir mekânsal geçiş hissi yaratmaktadır. Farklı büyüklükteki pencerelerden süzülen ışıklar, mekânda ruhani niteliği güçlendirmekte, yan şapel hacimleriyle iç mekânda yönlendirici olmayan ve özgür bir dolaşım hissi sunulmakta ve yalın iç mekân manevi deneyimi ön plana çıkarmaktadır (Birinci, 2025).

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Yapı Le Corbusier'in sıkça kullandığı betonarme yapım sistemiyle inşa edilmiş, ancak yapıda beton sadece rasyonel bir malzeme değil, aynı zamanda biçimsel bir anlatım aracı olarak da kullanılmıştır.

Beton kabuk olarak kurgulanan, ters eğimli, yelken benzeri asimetrik formlu çatı, yapıya dramatik bir ifade kazandırmaktadır. Yapı; teknolojik bir gösterişten ziyade, dışa vurumcu, ekspresyonist bir mimari dil ile dikkat çekmektedir (Kroll, 2010).

Plan ve Kesit Özellikleri: Geleneksel simetrik kilise planlarından uzak, organik, serbest ve asimetrik bir kompozisyona sahip şapel; yerleşim olarak çevresindeki topografyaya ve dini ritüellere uyum sağlamaktadır. Şapelin planı yapısal olduğu kadar estetik ve işlevsel olarak da kullanılan ve taşıyıcı sistemin bir parçası olan kalın, eğrisel, betonarme duvarlar ve hacimlerden oluşmaktadır. Hacimler arasında ani geçişler sunan ve kontrastlar içeren planda ziyaretçi; ayin alanları, kutsal objeler ve özel bölümler içeren kutsal ana ibadet alanına yönlendirilmektedir. Yapıda kalın, eğrisel duvarlar ve çatının hacimsel etkisi dramatik ve net bir şekilde algılanmakta ve yapıya dinamizm kazandırmaktadır. Ana hacmin üzerinde dalgalanan bir formdaki çatı çelik veya betonarme kirişlerle desteklenmiştir. İç mekânda kutsal ve büyüleyici his uyandıran, yüksek tavanlı ana ibadet alanının mekânsal etkisini arttırmaktadır. Akustik olarak iç mekânda farklı atmosfer yaratan eğrisel duvarlar ve bu duvarlarda farklı biçim ve büyüklükteki pencerelerden süzülen ışık kullanıcılara ruhsal bir ortam yaratmakta ve zengin bir mekânsal deneyim sunmaktadır. Şapelin bir cephesi açık hava ayinleri için tasarlanmış, geniş bir alana açılmaktadır (Görsel 2.).

Görsel 2. Ronchamp Şapeli, Web kaynaklı görseller, plan-kesit (Kroll, 2010)

Kent Kimliği: Yapı kırsal bir alanda inşa edilmiş olmasına karşın, kentsel ve uluslararası bağlamda mimarlıkta ikonik bir yapı haline gelmiştir. Ronchamp köyüne ve bölgeye küresel bir tanınırlık kazandıran yapı sürdürülebilir turizmin önemli duraklarından biri olmuştur. Şapel, Geleneksel kent silueti yerine doğal topoğrafya ve manzara ile kurduğu ilişki ile ön plan çıkan şapel dini bir merkez olmasının ötesinde, çağdaş mimarlıkta sembol bir ifade taşımakta, kent kimliği açısından önemli bir figür olarak kabul görmekte ve mimarlık tarihinde *kentsel bağlamı aşan mekânsal imge* örneği olarak değerlendirilmektedir (Birinci, 2025).

2.3. Işık Kilisesi-1989-Tadao Ando-Osaka

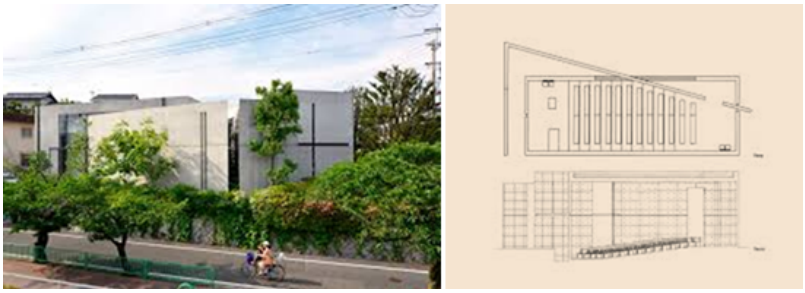
Japon mimar Tadao Ando tarafından tasarlanan Işık Kilisesi (Church of the Light), 1989 yılında Japonya'nın Osaka kentinin yaklaşık 25 km dışında yer alan Ibaraki bölgesinde mevcut bir Hıristiyan yerleşkesinin yenilenmesi ile gündeme gelmiş ve 1989 yılında inşa edilmiştir. Modernist yalınlık ile spiritüel mekân deneyimini bir araya getiren yapı, mimarın fenomenolojik mekân anlayışını yansıtan güçlü bir dini yapı örneğidir. Japon mimarlarda çok yaygın olarak yalın geometri ile kurgulanan yapı; mimarın doğa ve mimarlık ilişkisine yönelik tasarım felsefesi ile ışık, beton ve boşluk ilişkisini en güçlü biçimde biçimlendirdiği eserlerinden biridir. Tadao Ando Işık Kilisesi'ni ışık/karanlık, doluluk/boşluk, sade/karmaşık gibi ikili karşıtlıklar üzerinden kurgulanmakta ve bu karşıtlıklar aracılığıyla kullanıcıda duyusal ve ruhsal farkındalık oluşturulmaktadır. Tadao Ando'nun tasarım yaklaşımında mekân; ziyaretçilerin dünyevi ve manevi olana dair farkındalığını artırmakta, basit malzemelerin kullanımı, mekânın ikiliğini pekiştirmektedir. Yapıda herhangi bir bezeme ögesine yer verilmemiş, mekânsal etki yalnızca ışık, malzeme ve geometrik sadelik üzerinden oluşturulmuştur. Doğu cephesinde yer alan haç biçimindeki açıklık, yapının tek belirgin dini sembol ve minimalist yapının bir kanıtı gibidir ve iç mekânda dramatik bir ışık etkisi yaratarak manevi atmosferi güçlendirmektedir. Haç biçimindeki açıklık sayesinde gün boyunca değişen doğal ışık, iç mekânda dinamik gölge ve ışık etkileri üretmekte ve beton fiziksel bir kabuk dışında ışıkla birlikte algısal ve manevi bir atmosfer yaratan aktif bir mimari ögeye dönüşmektedir (Kroll, 2011).

Biçim ve Mekânsal Kurgu: Yalın bir geometrik kurguya sahip yapıda ışığın kullanım biçimi ile güçlü bir mekânsal deneyim üretmektedir. Minimalist bir anlayışla tasarlanmış yapının iç mekânı; detaylardan arındırılmış sade hacim ile kullanıcıların dikkati ve ilgisi doğrudan ışık, boşluk ve ibadet deneyimine yönlendirilmiştir. İç mekânda kullanılan brüt beton yüzeyler, doğal ışığın etkisiyle farklı atmosferler oluşturmakta ve mekânın ruhani niteliğini artırmaktadır. Mekânsal kurguda girişten itibaren kontrollü ve karanlık bir atmosfer oluşturulmuş, doğu cephesindeki haç boşluğundan içeri süzülen ışık ile dramatik bir odak noktası yaratılmıştır. Bu yaklaşım, kullanıcının mekânı fiziksel olduğu kadar duyusal ve meditatif bir deneyim olarak algılamasını sağlamaktadır.

Bireysel dua ve toplu ibadet işlevlerini de karşılayan yapı günümüzde mimarlık turizmi kapsamında yoğun biçimde ziyaret edilmektedir.

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Ando'nun mimari dilinin temel ögelerinden betonarme strüktür sistemi ile inşa edilen yapıda beton, taşıyıcı bir malzeme olmanın ötesinde mekânsal atmosferi oluşturan temel mimari ifade aracı olarak kullanılmıştır. Modern ve minimalist Işık Kilisesi, detaylarda kendini gösteren mimari bir saflık içermektedir. Brüt betonda bırakılan derzleri ve birleşim yerleri Ando ile birlikte çalışan usta Japon marangozlar tarafından hassasiyet ve özenle inşa edilmiş, kusursuz bir yüzeyde, doğru hizalanmış derzler, kilisenin doğu tarafındaki haç ile mükemmel bir şekilde hizalanmıştır.

Plan ve Kesit Özellikleri: Dikdörtgen plan şemasına sahip yapıda, ana ibadet mekânı, yalın geometrik kurguya rağmen ışığın kontrollü kullanımı sayesinde güçlü bir hacimsel etki oluşturmaktadır. İç mekânda herhangi bir geleneksel bezeme unsuruna yer verilmemesi, kullanıcı algısını doğrudan mekânın ışık ve boşluk ilişkisine yönlendirmektedir. Kesitte, yüksekliği kontrollü tutulan kapalı beton hacim, doğu cephesindeki haç açıklığından alınan doğal ışık ile dramatik biçimde aydınlatılmaktadır. Işığın yönlendirilmiş kullanımı, mekânda dingin, sessiz ve meditatif bir atmosfer oluştururken, iç mekânın ruhani etkisini güçlendirmektedir. Yapının plan ve kesit organizasyonu, minimum mimari öğe ile maksimum mekânsal etki yaratılması açısından çağdaş dini mimarlığın önemli örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Işık Kilisesi dini işlevli bir yapı olmanın ötesinde Japonya'da hız, tüketim ve gösterişin egemenliğine karşı üretilen **mimari bir manifesto içeren estetik ve etik bir yanıt olarak görülmektedir** (Kroll, 2011) **(Görsel 3.).**



Görsel 3. Işık Kilisesi, Web kaynaklı görseller, plan-kesit (Beytur, 2025)

Kent Kimliği: Bulunduğu çevrede ölçek olarak mütevazılığına karşın, çağdaş dini mimarlığın en önemli örneklerinden biri olarak kabul gören yapı uluslararası ölçekte mimarlık kültüründe simgesel bir değer kazanmıştır. Osaka bölgesinin mimari kimliğine katkı sağlayan önemli bir kültürel odak noktası olan yapı; minimalist tasarımı, ışık kullanımı ve fenomenolojik mekân anlayışı ile modern dini mimarlık tartışmalarında referans yapı niteliği taşımaktadır.

2.4. Leaf Chapel-2004-Klein Dytham&Astrid Klein-Yamanashi-Japonya

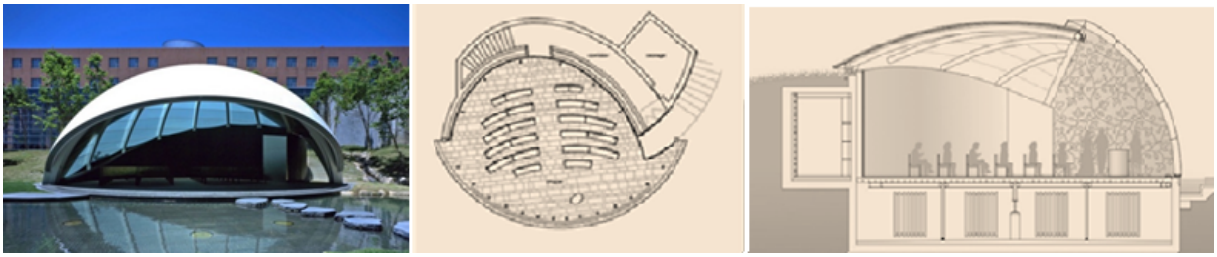
Kültürel bağlamda Japonların doğaya olan ruhsal bağıyla uyumlu bir mimari anlatı sunan yapı; Japonya'da doğallığı ve sakinliği ile bilinen Kobuchizawa bölgesinde İngiliz mimarlar Mark Dytham ve Astrid Klein tarafından tasarlanan, hareketli (kinetik) çatı sistemi ve doğa ile kurduğu bağlantı ile etkileyici evlilik törenlerinde kullanılan ikonik şapel 2004 yılında inşa edilmiştir. Minimalist yaklaşımı, doğa ile uyumu ve yalın formu ile çağdaş dini mimaride dikkat çeken ve ibadet ve evlilik törenleri için kullanılan şapelin en belirgin özelliği, yapının organik bir yaprak formunu andıran yalın ve şeffaf geometrisidir. Doğanın biçimlerinden ilham alarak basit, simetrik bir formda tasarlanan yapıda gün ışığının içeri süzülüşü, şapelin ruhani atmosferini desteklemektedir.

Biçim Mekânsal Kurgu: Mekânsal kurgu biri pergolayı andıran ve strüktürü yaprağa öykünen cam, diğeri yere süzülerek düşmüş izlenimi veren narin dantel desenli beyaz renkli, çelik iki yaprak formdan oluşan şapelde tasarım, mekânı zamanla değişebilen ve doğaya yanıt veren canlı bir organizmaya dönüştürmektedir. Şeffaf yaprak motorlu bir sistemle yukarı doğru açılıp kapanan elemanlar ile yapı kinetik (hareketli) mimarlık yaklaşımını kullanmaktadır. Perfore edilen beyaz çelik yaprak üzerindeki deliklere yerleştirilen akrilik lensler aracılığıyla süzülen ışık, iç mekânda dantel bir gelin duvağı gibi yansıtmakta, gün boyunca değişen güneşin hareketine bağlı olarak değişen yansımalar ibadet ve evlilik törenlerinde büyüleyici bir atmosfer yaratmakta ve iç mekân ibadet eden/törene gelen ziyaretçilerin doğa ile bütünleşmesini sağlamaktadır. İç mekânda karartılmış ahşap ile kaplanmış duvarlar ve siyah granit döşeli zemin kullanılmış, parlak beyaz duvak ile iç mekânda saflık vurgulanmaktadır. Yaklaşık 80 kişi kapasiteli şapelde kullanılan oturma elemanlarının arkalıkları 20 mm kalınlığında içerisine yerelde yetişen, küçük sarı yapraklı ve iyi şans anlamına gelen açık yeşil çiçek (Rempukusou) motifleri yerleştirilmiş dökme akrilikten üretilmiş ve suyu andıran bir etki kazandırılmıştır. Bu sayede şapelde açılmış

duvağın ardından gölete bakıldığında, görüntü gölette açan su bitkilerini çağrıştırmakta, duvak kapalı olduğunda da beyaz arka plan önünde sallanıyormuş hissi veren bir çiçek tarlası izlenimi oluşmaktadır (Dytham, 2026).

Strüktür ve Yapı Malzemesi: Yapının üst örtüsü, iki yaprağın birbirine kapanarak bir hacmi sarma fikri ile biçimlenmiş, bu biyomorfik yaklaşım estetik bir tercih olmanın ötesinde, doğal bir simge olarak yaprağı; yaşam, büyüme ve doğurganlık gibi temalarla ilişkilendirmekte, yaprakların iç içe kapanması, evlilikteki birliktelik ve bütünleşme fikrini yansıtan güçlü bir metafora dönüştürmüştür. Şapelin mimarisinde en belirgin özellik; kinetik bir mekanizma ile çelik perforajlı kabuğun adeta bir kumaş parçası gibi sessizce ve kısa bir sürede açılması ve şapelin çevresindeki göleti ve etkileyici doğayı görünür kılmasıdır. Yapıda iç mekânda cam, perforajlı paneller, yapısal elemanlar için çelik ve betonarme kullanılmıştır. Kabuktaki kinetik yaklaşım, klasik şapel mimarisindeki durağan mekân kurgusu yerine dinamik ve doğayla bütünleşen bir tasarım oluşturmakta, iç mekân ve doğa arasında görsel ve fiziksel bir akış sağlamaktadır. Şapel doğaya saygılı, duygusal ve şiirsel bir mimari dil ile doğaya öykünen biyomimetik ve minimalist anlayışla tasarlanmıştır.

Plan ve Kesit Özellikleri: Küçük ölçekli ve sade plan şemalı mekân ibadet ve evlilik törenleri için kullanılacak nitelikte tek mekânlı tasarlanmıştır. Yaprak biçiminde iki kabuğun üst üste kapanması fikri ile tasarlanan mekânın formu eğrisel ve organik çizgiler içermektedir. Yaklaşık 270 m² büyüklüğündeki yapı maksimum 30-40 kişilik küçük ölçekli törenler için uygundur. Yapıda merkezde yaklaşık 5-6 metre olan mekân yüksekliği, yaprağın açık olduğu konumda 7-8 metreye ulaşmakta, iç mekânda ferah ve kutsal bir atmosfer yaratmaktadır (Dytham, 2026) (Görsel 4.).



Görsel 4. Leaf Chapel, Web kaynaklı görseller, plan-kesit (Birinci, 2025; Dytham, 2026)

Kent Kimliği: Doğa ile uyumu ve yalın mimarisi ile Japonya kırsalında yerel mimarlığın ötesine geçen ve uluslararası platformda sürdürülebilir, çağdaş tasarımın bir sembolü kabul gören yapı mekânsal deneyimi ve doğa manzarası ile bulunduğu yerin kimliğine olumlu katkı sağlamaktadır.

3.Bulgular

Çalışma kapsamında analiz edilen ikonik dini işlevli yapıların farklı mimarlar tarafından farklı dönemlerde, farklı tasarım yaklaşımları ile tasarlanmış küçük, orta ve büyük ölçekli yapılardır. Sürdürülebilir tasarım kapsamında incelenen örneklerin inşa edildikleri dönemin tasarım yaklaşımı ve tasarımcının felsefesine koşut olarak, uygun biçim ve mekânsal kurgu, strüktür ve yapı malzemesi ile şekillendiği söylenebilir. Örneklem dini yapılarda dini ritüellerin yerine getirilmesi için tasarımcının mekân kurgusunu destekleyecek şekilde iç mekânda ışığın mimari bir parametre olarak etkin kullanıldığı görülmektedir. Gaudi'nın organik ve biyomimetik tasarım yaklaşımı ve gotik üslup ile şekillenen Sagrada Familia'nın inşa edildiği dönemde küçük ölçekli, vitray malzeme kullanılan açıklıklar ruhani atmosfer oluşturmakta iken, Ronchamp Şapelinde kalınlığı değişen, eğrisel duvar yüzeylerinde farklı biçim ve büyüklükteki pencerelerden, Işık Kilisesi'nde duvarda oluşturulmuş haç formunda şeffaf bir yüzeyden ve Leaf Chapel'de perforajlı bir kabuktan süzülen ışık aracılığıyla mistik bir atmosfer yaratılmıştır.

İncelenen yapılardan La Sagrada Familia ve Leaf Chapel'de yapı biçiminde ve kullanılan yapı elemanlarında doğaya öykünen biyomimetik Ronchamp Şapelinde ekspresyonist ve Işık Kilisesinde minimalist tasarım yaklaşımının benimsendiği izlenmektedir. Ronchamp Şapeli, Işık Kilisesi ve Leaf Chapel'de yapının konumlandığı doğal çevrenin önemsendiği, sürdürülebilirlik kapsamında doğal aydınlatma, havalandırma ve çevre dostu yapı malzemelerinin kullanıldığı, işleve uygun biçimde tasarlanmış özel projeler olduğu söylenebilir. İncelenen ikonik dini yapıların işleve uygun biçim ile çevre ve doğanın bir parametre olarak tasarıma katılması üzerinden kurgulandıkları, mimarlık tarihi içerisinde önemli yer tutan ve bulundukları çevreye kimlik kazandıran örnekler olduğu anlaşılmaktadır. Kırsal alanda tasarlanmış olmalarına karşın Ronchamp Şapeli ve Leaf Chapel'in uluslararası tanınırlığı olan ve bulundukları yere/bağlama olumlu katkılar yapan örnekler olduğu görülmektedir.

4.Tartışma ve Sonuçlar

Sürdürülebilir tasarım kavramı; yapı sektöründe etkin rol oynayan mimarların yapı-çevre ilişkisi ve kullanıcı beklentileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı, atık kontrolü, havanın, suyun, toprağın ve malzemenin korunumu, yapısal faaliyetler sonucu çevresel etkilerin azaltılması konularında farkındalığını arttırmış, tasarım ile birlikte yapının işlevi, strüktürü, kullanılan yapı malzemeleri, estetiği ve bulunduğu çevrenin/yerin kimliğine etkilerinin de tasarlanması konusunda duyarlılık geliştirmiştir.

Kullanıcıya hizmet ettikleri dinin gerektirdiği ibadet olanaklarını en ideal biçimde sunarak dini ritüellerin yerine getirilmesi için tasarlanmış dini yapılar; ibadet için uygun mekânsal yapının oluşturulması, tasarlandığı çevrenin fiziksel çevre verilerine ve toplumsal beklentilerine uygun biçim, strüktür, doğru yapı malzemesi, plan şeması ve kesit ile tasarlanmalıdır. Dini yapılarda ibadet için uygun mistik atmosferin oluşması mekânın geometrisi, mekânda ışığın kullanımı, akustik düzenin programlanması ve toplumların geçmişinden bugüne sahip olduğu mimari deneyimle ilişkili görülmektedir. Günümüzde Türkiye'de Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde kullanılan cami plan şemalarına öykünen örnekler yapılmakla birlikte, bu örneklerin o dönemde sahip olunan mekân kurgusundan uzak, estetikten yoksun, plan şemalarını tekrar eden örnekler olduğu söylenebilir. Türkiye'de tasarım stüdyo konularında dini yapılara diğer yapılara kıyasla daha az yer verildiği, müfredatta cami plan tipolojilerine ve mimarlık literatüründe farklı kültür, sosyal yapı ve dine sahip toplumlarda dini yapılara yönelik derslerin sayısal olarak az olduğu ve yurtdışında Türk toplumlara hizmet veren camilerin plan şemalarının modern yorumlar içerdiği görülmektedir.

Mimarların tüm yapı türleri için olduğu kadar dini yapılarda da mesleki birikiminin arttırılması için sahip olunan dini mekân kurgusunun ve tasarım felsefesinin öğrencilere aktarılması, Osmanlı Klasik Dönem ikonik cami örneklerinin müfredata katılması ve Türkiye'de yenilikçi yaklaşımlar ile tasarlanan Türkiye Büyük Millet Meclisi Cami, İslamabad Cami ve Sancaklar Cami vb. ikonik cami örneklerinin yaygınlaşması önerilmektedir.

Kaynakça

Beytur, B. (2025). Arkitera Beton, Işık ve Farkındalık: Ando'nun Beton Takıntısının Mekânsal Yansıması, https://www.arkitera.com/gorus/beton-isik-ve-farkindalik-andonun-beton-takintisinin-mekansal-yansimasi/ Erişim tarihi: 02.05.2026

Birinci, E. (2025). İkonik Yapıların Biçim, İşlev ve Strüktür Açısından İncelenmesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yozgat

Dytham, K. (2026). Leaf Chapel https://archello.com/project/leaf-chapel Erişim tarihi: 03.05.2026

Jones, R. (2013). Archdaily, AD Klasikleri: La Sagrada Familia / Antoni Gaudí, https://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi Erişim tarihi: 30.04.2026

Kroll, A. (2011). Archdaily, AD Classics: Church of the Light / Tadao Ando Architect & Associates, https://www.archdaily.com/101260/ad-classics-church-of-the-light-tadao-ando Erişim tarihi: 03.05.2026

Kroll, A. (2010). Archdaily, AD Klasikleri: Ronchamp / Le Corbusier. https://www.archdaily.com/84988/ad-classics-ronchamp-le-corbusier Erişim tarihi: 05.05.2026

SÜRDÜRÜLEBİLİR VE DİRENÇLİ KENTLER İÇİN KAMU MUHASEBESİNDE YENİ YAKLAŞIMLAR

NEW APPROACHES IN PUBLIC ACCOUNTING FOR SUSTAINABLE AND RESILIENT CITIES

Ahmet GEMİCİ[1]
Alaaddin UÇAK[2]
Yasin REYHAN[3]

Özet

Bu çalışma, küresel iklim krizi ve artan doğal afet riskleri karşısında sürdürülebilir ve dirençli kentlerin inşasında kamu muhasebesi sistemlerinin stratejik dönüşümünü incelemektedir. Geleneksel kamu mali yönetimi anlayışının ötesine geçerek; yeşil bütçeleme, karbon muhasebesi ve iklim finansmanı araçlarının yerel yönetimlerin mali mimarisine entegrasyonu, çalışmanın temel odağını oluşturmaktadır. Nitel araştırma deseni çerçevesinde sistematik doküman analizi yöntemiyle yapılandırılan çalışmada; Türkiye'de 2024 yılında yürürlüğe giren Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları (TSRS) ve uluslararası IFRS S2 düzenlemeleri, kentsel dirençliliğin mali boyutuyla ilişkilendirilmiştir. Türkiye örneğinde, özellikle Marmara Bölgesi'ndeki sismik riskler ve iklim değişikliği kaynaklı çevresel dışsallıklar, kamu muhasebesinin sadece mali bir kayıt aracı değil, aynı zamanda krizlere karşı "mali tampon" (fiscal buffer) oluşturacak stratejik bir yönetim enstrümanına dönüşmesini zorunlu kılmaktadır. Çalışma sonucunda; akıllı şehir teknolojileri ile desteklenen dijital ve yeşil dönüşümün (İkiz Dönüşüm), kamu muhasebesi süreçlerinde şeffaflığı artırarak düşük maliyetli yeşil finansman kaynaklarına erişimi kolaylaştırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, kentlerin fiziksel dayanıklılığının, kamu mali yönetim sistemlerinin sürdürülebilirlik ilkeleri ve karbon ekonomisiyle tam uyumlu hale getirilmesiyle güvence altına alınabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Sürdürülebilir ve Dirençli Kentler, Karbon Muhasebesi, Yeşil Bütçeleme, TSRS, İkiz Dönüşüm, İklim Finansmanı.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, gemicia17@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16005123073@ogr.bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, yasin.reyhan@yobu.edu.tr

Abstract

This study examines the strategic transformation of public accounting systems in the construction of sustainable and resilient cities in the face of the global climate crisis and increasing natural disaster risks. Moving beyond the traditional public financial management approach, the study focuses on the integration of green budgeting, carbon accounting, and climate finance tools into the financial architecture of local governments. Structured using a systematic document analysis method within a qualitative research design, the study links the Türkiye Sustainability Reporting Standards (TSRS), which entered into force in 2024, and international IFRS S2 regulations with the financial dimension of urban resilience. In the case of Türkiye, especially the seismic risks in the Marmara Region and environmental externalities caused by climate change necessitate the transformation of public accounting from a mere financial recording tool into a strategic management instrument that creates "fiscal buffers" against crises. The study finds that the digital and green transformation (Twin Transition) supported by smart city technologies increases transparency in public accounting processes and facilitates access to low-cost green finance resources. In conclusion, it is evaluated that the physical resilience of cities can only be ensured by aligning public financial management systems with sustainability principles and the carbon economy.

Keywords: *Sustainable and Resilient Cities, Carbon Accounting, Green Budgeting, TSRS, Twin Transition, Climate Finance.*

1. Giriş

Küresel ölçekte yaşanan hızlı kentleşme, demografik baskılar ve iklim krizi, modern kent yönetimlerini geleneksel hizmet sunumunun ötesinde, stratejik bir "dirençlilik" (resilience) arayışına itmiştir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2022) raporlarında vurgulandığı üzere, kentler hem emisyonların ana kaynağı hem de iklim şoklarına karşı en kırılgan alanlardır. Bu durum, kentlerin sadece fiziksel altyapılarını değil; aynı zamanda bu altyapıyı finanse eden ve denetleyen kamu mali yönetimi sistemlerini de radikal bir dönüşüme zorlamaktadır.

Sürdürülebilir kentler; çevresel bütünlüğü, ekonomik canlılığı ve sosyal hakkaniyeti bir arada yürüten ekosistemler olarak tanımlanırken (Aslan & Bulut, 2022); dirençli kentler, afetler ve ekonomik şoklar karşısında "esneklik" ve "hızlı toparlanma" kabiliyetine odaklanmaktadır. Bu iki kavramın hayata geçirilmesi, kamu yönetiminin şeffaflık, hesap verebilirlik ve veri temelli karar alma kapasitesine bağlıdır. Bu noktada kamu muhasebesi, kentsel dirençliliğin sadece pasif bir kayıt sistemi değil, aktif bir yönetim enstrümanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Geleneksel kamu muhasebesi sistemleri, büyük ölçüde nakit esaslı veya dar kapsamlı tahakkuk esaslı modellerle bütçe disiplinine odaklanmıştır. Ancak güncel literatür, "Yeşil Kamu Mali Yönetimi" (Green PFM) çerçevesinde, muhasebe sistemlerinin çevresel dışsallıkları, karbon varlıklarını ve iklimle ilgili mali riskleri finansal tablolara yansıtması gerektiğini savunmaktadır (OECD, 2021). Türkiye gibi yüksek sismik risk taşıyan ve iklim değişikliğinin Akdeniz Havzası üzerindeki olumsuz etkilerine maruz kalan ülkelerde, yerel yönetimlerin mali kapasitesinin "dirençlilik" ekseninde ölçülmesi hayati bir zorunluluktur. Özellikle 1999 Marmara Depremi ve sonrasındaki süreçler, kentsel dönüşümün finansal sürdürülebilirliği için muhasebe standartlarının "karbon ekonomisi" ve "afet riski provizyonları" ile entegre edilmesinin önemini ortaya koymuştur (Gemici, 2024; Tandırcıoğlu, 2024).

Paris İklim Anlaşması'nın getirdiği yükümlülükler ve Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) çerçevesindeki raporlama standartları, kamu muhasebesinde "İkiz Dönüşüm" (Twin Transition) sürecini tetiklemiştir. Bu süreç, dijitalleşme (akıllı şehir teknolojileri) ve yeşil dönüşümün (karbon muhasebesi) senkronize edilmesini ifade etmektedir. Bu çalışma, sürdürülebilir ve dirençli kentlerin inşasında; karbon muhasebesi, yeşil bütçeleme ve iklim finansmanı araçlarının kamu muhasebe sistemlerine entegrasyonuna yönelik kavramsal ve uygulamalı bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

1.1. Dirençli Kentlerin Temel Bileşenleri ve Mali İlişkisi

Dirençli bir kent yapısı, çok disiplinli bir koordinasyon gerektirir. Literatürdeki güncel yaklaşımlar (Dünya Bankası, 2020; IPCC, 2022), bu yapının mali sistemle olan bağını şu bileşenler üzerinden kurgulamaktadır:

İklim Duyarlı ve Risk Odaklı Planlama: Afet risklerinin maliyetlendirilmesi ve uzun vadeli bütçe projeksiyonlarına dâhil edilmesi.

Ekonomik Çeşitlilik ve Mali Sürdürülebilirlik: Yeşil tahviller (Green Bonds) ve sürdürülebilirlik endeksli borçlanma araçlarının etkin kullanımı.

Toplumsal Katılım ve Şeffaf Yönetişim: Vatandaşların bütçe süreçlerine katılımı (Participatory Budgeting) ve harcamaların çevresel etkilerinin kamuoyuna açıklanması.

Akıllı Veri Altyapısı: Karar destek sistemlerinde büyük veri (Big Data) ve blokzincir (Blockchain) teknolojilerinin muhasebe denetimine entegrasyonu.

Ekosistem Hizmetlerinin Muhasebeleştirilmesi: Kentteki yeşil alanların ve doğal varlıkların "doğal sermaye" olarak finansal raporlarda yer alması.

2. Sürdürülebilir ve Dirençli Kentler Yaklaşımına Kuramsal Bakış

Sürdürülebilir ve dirençli kentler yaklaşımı, klasik kentsel büyüme modellerinden radikal bir kopuşu ifade eder. Bu yaklaşımın temelinde yatan Ekolojik Modernleşme Kuramı, ekonomik büyüme ile çevresel korumanın birbirine zıt kutuplar olmadığını, aksine teknolojik inovasyon ve kurumsal yeniden yapılanma ile uyumlaştırılabileceğini savunur (Hajer, 1995; Mol, 2001). Kamu muhasebesi bu noktada, çevresel veriyi finansal dile tercüme ederek ekolojik rasyonaliteyi kurumsal karar alma süreçlerine dahil eden temel mekanizmadır.

Dirençlilik (resilience) kavramı ise ekolojik sistemlerden sosyal sistemlere aktarılmış bir kapasite modelidir. Holling (1973) tarafından literatüre kazandırılan bu kavram, kentlerin sadece krizlere dayanmasını değil, krizlerden öğrenerek daha güçlü bir yapıya evrilmesini (bounce back better) öngörür. Kamu mali yönetimi açısından dirençlilik; bütçeleme süreçlerinin esnekliği, risklerin finansal tablolar aracılığıyla öngörülebilirliği ve kamu kaynaklarının "şok emici" (fiscal buffers) olarak tasarlanması anlamına gelmektedir.

2.1. Kamu Muhasebesinin Sürdürülebilirlik Perspektifinde Yeniden Yapılandırılması

Kamu muhasebesi, Kamu muhasebesinin dönüşümü, Yeni Kamu İşletmeciliği (New Public Management - NPM) paradigmasının evrimiyle doğrudan ilişkilidir. Geleneksel bürokratik modelde muhasebe, harcamaların yasalara uygunluğunu denetleyen statik bir yapıdayken; günümüzde performans odaklı, çıktı temelli ve hesap verebilir bir sisteme dönüşmüştür (Hood, 1991). Bu evrimin son aşaması olan "Sürdürülebilir Kamu Mali Yönetimi", maliyet analizlerine "çevresel dışsallıkların" dâhil edilmesini zorunlu kılar.

Bu bağlamda kamu muhasebesi sistemlerinin yeniden yapılandırılması şu üç kuramsal eksende gerçekleşmektedir:

Tahakkuk Esaslı Muhasebeden Sürdürülebilirlik Raporlamasına: Sadece nakit akışını değil, kamu varlıklarının (doğal sermaye) uzun vadeli değerini ve iklim risklerinden kaynaklanan potansiyel borçları (contingent liabilities) raporlayan bir yapıya geçiş.

Karbon Muhasebesi ve Emisyon Takibi: Kamu kurumlarının ve yerel yönetimlerin faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının, finansal muhasebe standartlarıyla (Örn: IPSAS/TSRS) uyumlu hale getirilmesi. Bu, "kirleten öder" ilkesinin kamu bütçesi içerisindeki yansımasıdır.

Yeşil Bütçeleme ve İklim Finansmanı: Bütçe ödeneklerinin çevresel etkilerine göre etiketlenmesi (tagging) ve bu verilerin şeffaf bir şekilde kamuoyuna sunulması. Bu süreç, kamu kaynaklarının yeşil yatırımlara (renewable energy, green infrastructure) yönlendirilmesinde "yönetsel kontrol" işlevi görür (OECD, 2021).

Kurumsal Kuram (Institutional Theory) çerçevesinde değerlendirildiğinde, kamu muhasebesindeki bu dönüşüm sadece teknik bir zorunluluk değil, aynı zamanda uluslararası normlara (Paris Anlaşması, COP Kararları) uyum sağlama çabasının bir sonucudur (DiMaggio & Powell, 1983). Türkiye'deki yerel yönetimlerin bu yeni muhasebe yaklaşımlarını benimsemesi, hem uluslararası fonlara (yeşil tahvil vb.) erişimlerini kolaylaştıracak hem de kentsel dirençliliğin mali sürdürülebilirliğini güvence altına alacaktır.

2.2. Dirençli Kentlerde Kamu Yönetimi, Politikalar ve Karbon Ekonomisi

Dirençli Dirençli kentlerin inşası, yerel düzeyde proaktif bir kamu yönetimi anlayışını ve bu anlayışı destekleyen esnek politikaları zorunlu kılmaktadır. Geleneksel kriz yönetimi odaklı "tepkisel" (reactive) yaklaşım yerini, riskleri önceden öngören ve maliyetlendiren "önleyici" (preventive) bir yönetim modeline bırakmıştır (Schipper & Langston, 2015). Bu bağlamda kamu yönetimi politikaları; kentsel planlama, altyapı yatırımları ve sosyal koruma ağlarını, karbon ekonomisinin getirdiği yeni mali standartlarla uyumlu hale getirmek durumundadır.

Karbon ekonomisi, kentsel dirençliliğin finansal ve yönetsel boyutunu tanımlayan yeni bir paradigmadır. Bu ekonomi modeli içinde yerel yönetimler, sera gazı emisyonlarını sadece çevresel bir veri olarak değil, aynı zamanda bir "mali yükümlülük" veya "ekonomik varlık" olarak yönetmektedir. Karbon vergileri, emisyon ticaret sistemleri ve karbon sınır düzenlemeleri (CBAM), belediyelerin yatırım kararlarını ve bütçe önceliklerini doğrudan etkilemektedir (Bulut & Aslan, 2022). Bu durum, kamu yönetiminde "İklim Odaklı Karar Alma" süreçlerinin kurumsallaşmasını tetiklemektedir.

Türkiye özelinde, Marmara Bölgesi gibi stratejik ve riskli alanlarda yerel yönetimlerin rolü daha da kritiktir. 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ve yerel yönetimlerin iklim değişikliği eylem planları (İDEP), bu politikaların yasal zeminini oluşturmaktadır. Ancak, literatürde vurgulandığı üzere, bu politikaların başarısı "mali dirençlilik" ile doğru orantılıdır. Yerel yönetimlerin karbon muhasebesini bir yönetim enstrümanı olarak benimsemesi, kentsel dönüşüm projelerinin sadece fiziksel bir yenileme değil, aynı zamanda düşük karbonlu ve enerji verimli bir ekosisteme geçiş olmasını sağlar (Gemici, 2024).

Kamu yönetimi ve politikalar düzeyinde bu dönüşümün sac ayakları şu şekilde özetlenebilir:

Çok Düzeyli Yönetişim: Merkezi yönetim ile yerel yönetimler arasında iklim finansmanı ve risk paylaşımı konusunda yatay ve dikey koordinasyonun sağlanması.

Regülatif Uyum: Yerel yönetmeliklerin Paris İklim Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı kriterleri (Örn: Taksonomi tüzüğü) ile uyumlu hale getirilmesi.

Mali Entegrasyon: Karbon emisyonlarının "fiyatlandırılması" ve bu maliyetlerin kamu ihalelerinde, yatırım projeksiyonlarında ve bütçe raporlamalarında birer parametre olarak kullanılması (OECD, 2021).

Sonuç olarak, dirençli kentlerde kamu yönetimi; fiziksel dayanıklılığı artırırken, karbon ekonomisinin araçlarını kullanarak mali yapıyı da gelecekteki şoklara karşı korunaklı hale getirmelidir. Bu entegrasyon, Türkiye'nin uluslararası iklim fonlarından (Yeşil İklim Fonu vb.) daha fazla pay almasını ve kentsel dönüşümün finansmanını çeşitlendirmesini mümkün kılacaktır.

2.4. Yeşil Bütçeleme ve İklim Finansmanı

Yeşil bütçeleme, kamu mali yönetimi döngüsünün (planlama, uygulama, raporlama ve denetim) her aşamasına çevresel mülahazaların entegre edilmesini ifade eden stratejik bir reformdur. OECD (2021) tarafından tanımlandığı üzere bu yaklaşım; bütçe ödeneklerinin iklim ve çevre hedefleriyle olan uyumunu kanıta dayalı verilerle izlemeyi amaçlar. Geleneksel bütçeleme anlayışındaki "mali verimlilik" odaklılık, yerini çevresel çıktıların (karbon azaltımı, biyoçeşitlilik koruması vb.) ekonomik değerle ölçüldüğü bir modele bırakmaktadır.

Yeşil bütçeleme uygulamalarının temel bileşenleri şunlardır:

Bütçe Etiketleme (Climate Budget Tagging): Kamu harcamalarının iklim değişikliğiyle mücadele veya uyum kapasitesine göre sınıflandırılması (UNDP, 2021).

Çevresel Etki Analizleri: Yatırım kararlarının karbon ayak izi ve çevresel dışsallıklar baz alınarak ex-ante (öncül) ve ex-post (ardıl) değerlendirilmesi.

Vergi Harcamaları ve Yeşil Vergiler: Çevreyi kirleten faaliyetlerin vergilendirilmesi ve yeşil teknolojilerin sübvanse edilmesi yoluyla bütçenin "yönlendirici" fonksiyonunun kullanılması (IMF, 2019).

İklim finansmanı ise, sürdürülebilir ve dirençli kentlerin yüksek maliyetli altyapı projelerini (raylı sistemler, yeşil binalar, atık yönetimi) finanse etmek için kullanılan yenilikçi enstrümanlar bütünüdür. Bu noktada yerel yönetimler için en kritik araç "Yeşil Tahviller" (Green Bonds) olarak öne çıkmaktadır. Yeşil tahviller, elde edilen gelirin sadece çevresel projelerde kullanılmasını taahhüt eden ve bu kullanımı bağımsız denetim raporlarıyla (Sürdürülebilirlik Raporlaması) belgeleyen borçlanma araçlarıdır (Tandırcıoğlu, 2024).

Kamu muhasebesi sistemleri, iklim finansmanının yönetilmesinde şu kritik rolleri üstlenmektedir:

Fon İzlenebilirliği: İklim fonlarının (Örn: Yeşil İklim Fonu - GCF) kullanımının şeffaf bir şekilde raporlanması ve "Yeşil Yıkama" (Greenwashing) riskinin bertaraf edilmesi.

Sürdürülebilirlik Raporlaması: Finansal tabloların TSRS (Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları) ve IFRS S1/S2 standartları ile uyumlu hale getirilerek uluslararası yatırımcı güveninin tesisi (KGK, 2024).

İklim Risklerinin Finansal Muhasebeye Entegrasyonu: İklim değişikliğinden kaynaklanan fiziksel risklerin (afetler vb.) ve geçiş risklerinin (karbon vergileri vb.) kurumun "şüpheli borçlar" veya "provizyonlar" hesabında karşılık bulması (FSB-TCFD, 2017).

Sonuç olarak; yeşil bütçeleme, kamu kaynaklarının önceliklendirilmesini sağlayan bir politika aracı iken; iklim finansmanı bu politikaların hayata geçmesi için gerekli olan likiditeyi sağlar. Kamu muhasebesi ise bu iki süreç arasındaki denetim ve raporlama köprüsüdür.

3. Yöntem

Bu çalışma, sürdürülebilir ve dirençli kentlerin inşasında kamu muhasebesi sistemlerinin fonksiyonel dönüşümünü ve karbon ekonomisi ile entegrasyonunu çözümlemeyi amaçlayan nitel bir araştırma desenine sahiptir. Çalışmada, karmaşık yönetsel süreçlerin ve politika dönüşümlerinin derinlemesine analiz edilmesine imkan tanıyan "Betimsel Analiz" ve "İçerik Analizi" teknikleri metodolojik temel olarak benimsenmiştir.

3.1. Veri Seti

Araştırmanın veri seti, ikincil kaynaklardan oluşan geniş bir literatür taraması ve "Sistematik Doküman Analizi" (Systematic Document Analysis) yöntemiyle elde edilmiştir. Bu kapsamda;

Akademik Literatür: Google Akademik, TR Dizin ve Web of Science veri tabanlarında; "green accounting", "carbon accounting", "public sector resilience", "green budgeting" anahtar kelimeleriyle taranan hakemli makaleler ve tezler,

Üst Politika Belgeleri: Paris İklim Anlaşması, AB Yeşil Mutabakatı, Türkiye Cumhuriyeti On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028), İklim Şurası Kararları,

Düzenleyici Standartlar: Kamu Gözetimi Kurumu (KGK) tarafından yayımlanan Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları (TSRS) ve Uluslararası Kamu Sektörü Muhasebe Standartları (IPSAS) raporları titizlikle incelenmiştir.

3.2. Veri Analizi

Elde edilen veriler, "Kavramsal Analiz" (Conceptual Analysis) yöntemiyle ayrıştırılmıştır. Analiz sürecinde; geleneksel kamu muhasebesi çıktıları ile sürdürülebilirlik odaklı yeni yaklaşımlar (karbon muhasebesi, yeşil tahviller vb.) karşılaştırmalı bir perspektifle ele alınmıştır. Çalışmanın analiz birimi olarak; Türkiye'nin kentsel dirençlilik ihtiyacı (özellikle Marmara Bölgesi sismik riski) ve yerel yönetimlerin mali kapasiteleri belirlenmiştir.

Metodolojik süreçte, verilerin geçerliliği ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla "Veri Çeşitlemesi" (Data Triangulation) yoluna gidilmiştir. Uluslararası kuruluşların (OECD, IMF, Dünya Bankası) normatif çerçeveleri ile Türkiye'deki mevcut yasal mevzuat (5018 Sayılı Kamu Malî Yönetimi ve Kontrol Kanunu vb.) arasındaki uyum ve açıklar, diyalektik bir yöntemle sentezlenerek çalışmanın bulgularına dayanak oluşturulmuştur.

4. Bulgular ve Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen sistematik doküman analizi ve kavramsal değerlendirmeler sonucunda; sürdürülebilir ve dirençli kentlerin inşasında kamu muhasebesinin geleneksel fonksiyonel sınırlarını aştığı ve stratejik bir "karar destek mekanizmasına" dönüştüğü tespit edilmiştir. Elde edilen temel bulgular ve bu bulguların akademik/pratik yansımaları aşağıda kategorize edilmiştir:

4.1. Geleneksel Muhasebeden Stratejik Sürdürülebilirlik Muhasebesine Geçiş

Analizler, geleneksel kamu muhasebesinin "mali uygunluk" odaklı yapısının, iklim değişikliği kaynaklı "belirsizlikleri" ve "uzun vadeli riskleri" yönetmede yetersiz kaldığını göstermektedir. Bulgulara göre;

Varlık Yönetimi: Sürdürülebilir kentlerde "doğal sermaye" (ormanlar, su kaynakları, karbon yutak alanları), muhasebe sistemlerinde sadece fiziksel bir envanter değil, finansal tablolarda değeri korunan ve amortismana tabi tutulabilen stratejik varlıklar olarak tanımlanmaya başlanmıştır (OECD, 2021).

Yükümlülüklerin Raporlanması: İklim riskleri (sel, kuraklık, deniz seviyesi yükselmesi) ve beklenen sismik aktiviteler (Örn: Marmara Depremi), muhasebe sisteminde "koşullu yükümlülükler" (contingent liabilities) olarak yer almalı ve bu riskler için ayrılan karşılıklar bütçe esnekliğini artırmalıdır (Gemici, 2024).

4.2. Karbon Muhasebesi ve Emisyon Raporlama Standartları

Çalışma sonucunda, kamu kurumlarının sera gazı emisyonlarının ölçülmesinin (Scope 1, 2 ve 3), sadece çevresel bir zorunluluk değil, aynı zamanda karbon fiyatlandırması ve yeşil finansman süreçleri için "mali bir veri" niteliği taşıdığı saptanmıştır.

Standartlara Uyum: Türkiye'de 2024 yılında yürürlüğe giren TSRS 1 ve TSRS 2 (Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları), yerel yönetimlerin ve bağlı kuruluşların finansal raporlarını "iklimle bağlantılı risk ve fırsatlar" ekseninde hazırlamasını zorunlu kılmaktadır (KGK, 2024). Bu durum, kamu muhasebesinin "şeffaflık" kriterini uluslararası yatırımcı standartlarına (IFRS) taşımıştır.

4.3. Yeşil Bütçeleme ve Kentsel Dirençlilik Finansmanı

Bulgular, yeşil bütçeleme uygulamalarının (Green Budgeting), kamu kaynaklarının etkin tahsisinde bir "etiketleme" mekanizması işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır.

Marmara Bölgesi Örneği ve Mali Dirençlilik: Olası bir İstanbul depremine hazırlık sürecinde kentsel dönüşüm harcamalarının "Yeşil Bütçe" kapsamında sınıflandırılması, bu harcamaların uluslararası Yeşil Tahvil (Green Bond) piyasalarından daha düşük maliyetli fonlanmasını sağlamaktadır (Tandırcıoğlu, 2024).

Akıllı Şehir Entegrasyonu: Dijitalleşmenin (İkiz Dönüşüm), muhasebe süreçlerinde veri doğruluğunu artırdığı ve gerçek zamanlı (real-time) maliyet takibine imkan tanıyarak kentsel kaynak yönetiminde %20'ye varan verimlilik artışı sağladığı literatürde gözlemlenmektedir (OECD, 2021).

4.4. Mali Dirençlilik ve Kurumsal Kapasite

Elde edilen bulgular ışığında yapılan genel değerlendirmede; Türkiye'deki kamu muhasebesi sisteminin (5018 Sayılı Kanun çerçevesinde) teknik altyapısının sürdürülebilirlik entegrasyonuna uygun olduğu, ancak uygulama düzeyinde "Kurumsal İzolasyon" (bölümler arası kopukluk) sorunu yaşandığı görülmektedir. Dirençli kentlerin inşası için mali işler daire başkanlıkları ile çevre/şehircilik birimlerinin "entegre raporlama" (integrated reporting) disipliniyle çalışması kaçınılmaz bir gerekliliktir.

4.5. Geleneksel ve Yeni Kamu Muhasebesi Yaklaşımlarının Karşılaştırmalı Analizi

Araştırma bulguları ışığında, kentsel dirençlilik hedefleri doğrultusunda kamu muhasebesinde yaşanan paradigma değişimi aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Tablo 1: Kamu Muhasebesinde Geleneksel ve Sürdürülebilirlik Odaklı Yaklaşımların Kıyaslanması

Özellik	Geleneksel Kamu Muhasebesi	Sürdürülebilirlik ve Dirençlilik Odaklı Muhasebe
Temel Odak	Mali disiplin ve yasal uygunluk.	Çevresel, sosyal ve mali bütünleşik performans.
Varlık Tanımı	Sadece finansal ve fiziksel varlıklar.	Doğal sermaye (yeşil alanlar, su) ve karbon varlıkları.
Risk Yönetimi	Geçmiş dönem harcama kontrolü.	İklim ve afet risklerinin (proaktif) maliyetlendirilmesi.
Bütçeleme	Nakit esaslı veya dar kapsamlı tahakkuk.	Yeşil bütçeleme ve iklim odaklı etiketleme (Tagging).
Raporlama	Yıllık faaliyet ve kesin hesap raporları.	Entegre raporlama (TSRS ve IFRS S2 uyumlu).
Dışsallıklar	Muhasebe dışı (İhmal edilen maliyetler).	Karbon ayak izi ve çevresel maliyetlerin içselleştirilmesi.
Finansman Kaynağı	Genel bütçe payları ve klasik krediler.	Yeşil tahviller, karbon kredileri ve iklim fonları.

Tablo 1'de görüldüğü üzere, geleneksel yapı "statik" ve "denetim" odaklıyken; yeni yaklaşım "dinamik" ve "stratejik" bir karakter sergilemektedir. Özellikle Marmara Bölgesi gibi afet riski yüksek alanlarda, belediyelerin sadece nakit akışını yönetmesi (geleneksel yöntem), olası bir şok anında mali çöküşü engelleyemeyecektir. Ancak, dirençlilik odaklı bir muhasebe sistemi; afet risklerini birer "koşullu yükümlülük" olarak finansal tablolara yansıttığı için (Tandırcıoğlu, 2024; KGK, 2024), kentin toparlanma sürecini hızlandıracak mali tamponların (fiscal buffers) oluşturulmasına zemin hazırlamaktadır.

Bu dönüşüm, Türkiye'nin uluslararası finansal piyasalardaki kredibilitesini artırarak, kentsel dönüşüm projeleri için ihtiyaç duyulan "Düşük Maliyetli Yeşil Finansman" kapılarını aralamaktadır.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, küresel iklim krizi ve artan afet riskleri karşısında kentsel dirençliliğin tesis edilmesinin, yalnızca fiziksel altyapı güçlendirmesiyle değil, aynı zamanda kamu muhasebesi sistemlerinin paradigma değişimiyle mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Günümüzde kentler, karbon yoğun ekonomik faaliyetlerin merkezi olmaları hasebiyle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında belirleyici bir aktör haline gelmiştir (IPCC, 2022). Geleneksel kamu muhasebesi sistemlerinin bütçe uyumu ve yasal denetim odaklı dar perspektifi, iklim değişikliğinin yarattığı finansal riskleri ve çevresel dışsallıkları yönetmede yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, kamu mali yönetimi araçlarının "İkiz Dönüşüm" (dijital ve yeşil) ilkeleri doğrultusunda yeniden tasarlanması, kentlerin ekonomik ve yönetsel açıdan şoklara karşı dayanıklılık kazanması için stratejik bir zorunluluktur (OECD, 2021). Çalışmanın bulguları, karbon muhasebesi ve yeşil bütçeleme gibi yenilikçi araçların yerel yönetimlerin mali sistemine entegre edilmesinin, kaynak tahsisinde rasyonaliteyi artırırken kentsel sürdürülebilirlik performansının ölçülmesinde objektif bir veri seti sunduğunu doğrulamaktadır.

Türkiye özelinde kentsel dirençlilik arayışı, özellikle Marmara Bölgesi gibi yüksek sismik risk taşıyan ve ekonomik üretimin merkezinde yer alan bölgeler için yaşamsal bir nitelik taşımaktadır. 1999 Marmara Depremi'nden edinilen yönetsel tecrübeler, fiziksel yıkımın ötesinde mali sürdürülebilirliğin ve şeffaf hesap verebilirlik mekanizmalarının afet sonrası toparlanma süreçlerindeki kritik rolünü göstermiştir (Gemici, 2024). Bu doğrultuda, kamu muhasebesi sistemlerinin sürdürülebilirlik perspektifiyle yapılandırılması, afet risklerinin

"koşullu yükümlülük" olarak finansal tablolara yansıtılmasını sağlayarak yerel yönetimlerin krizlere karşı mali tamponlar oluşturmasına zemin hazırlayacaktır. Ayrıca, Paris İklim Anlaşması ve Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefi çerçevesinde, kamu mali yönetimi sistemlerinin karbon ekonomisiyle uyumlu hale getirilmesi, uluslararası iklim finansmanı kaynaklarına erişimi kolaylaştıracak ve kentsel dönüşümün finansal yükünü çeşitlendirecektir (Tandırcıoğlu, 2024; KGK, 2024).

Kentsel dirençliliğin güçlendirilmesi ve kamu mali yönetimi sisteminin sürdürülebilirlik hedefleriyle tam uyumu için öncelikle stratejik düzeyde politika reformlarının hayata geçirilmesi önerilmektedir. Kamu muhasebesi sistemlerine karbon muhasebesi uygulamalarının entegre edilmesi, kurumların çevresel ayak izinin maliyetlendirilmesi ve raporlanması adına temel bir adım olacaktır. Bu süreçte yerel yönetimlerin, harcamaların çevresel etkilerini izleyen "Yeşil Bütçeleme" yaklaşımlarını bütçe döngüsünün her aşamasında yaygınlaştırması, kamu kaynaklarının yeşil yatırımlara yönlendirilmesinde yönetsel kontrolü artıracaktır. Özellikle belediyelerin yeşil tahvil (Green Bond) ihraçları ve sürdürülebilirlik endeksli borçlanma araçları gibi iklim finansmanı mekanizmalarına erişimini artıracak mevzuat düzenlemeleri hızlandırılmalıdır (Bulut & Aslan, 2022). Bu finansal araçların etkin kullanımı, ancak finansal raporların TSRS ve IFRS S2 gibi uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmesiyle mümkün olacaktır.

Yönetsel düzeyde ise, "İkiz Dönüşüm" sürecini destekleyecek akıllı şehir teknolojilerinin kamu mali yönetimi sistemlerine veri akışı sağlayacak şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Sensör tabanlı veri analitiği ve dijital izleme sistemleri, kamu harcamalarının çevresel çıktılarını gerçek zamanlı olarak ölçerek veri temelli karar alma süreçlerini güçlendirecektir (OECD, 2021). Bu teknolojik altyapının etkin işletilmesi için, kamu personelinin sürdürülebilirlik muhasebesi, iklim finansmanı ve yeşil raporlama konularındaki yetkinliklerinin artırılmasına yönelik kapsayıcı eğitim programları düzenlenmelidir. Sonuç olarak, kamu muhasebesinin geleneksel fonksiyonundan sıyrılarak karbon ekonomisi ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılandırılması; kentlerin sadece fiziksel dayanıklılığını değil, aynı zamanda uzun vadeli ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğini de güvence altına alacaktır.

Kaynakça

Aslan, M. M., & Bulut, Y. (2022). İklim değişikliğine dirençli kentlerin oluşumunda yenilikçi yaklaşımlar: İklim değişikliği yönetişimi ve enerji verimli binalar. Kent Akademisi, 15(3), 1023-1036. https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.35674/kent.1082531

Bulut, Y., & Aslan, M. M. (2022). İklim değişikliği ve yerel yönetimler: Karbon yönetimi çerçevesinde bir değerlendirme. Yerel Politikalar Dergisi, 6(2), 145-168.

DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. American Sociological Review, 48(2), 147-160. https://doi.org/10.2307/2095101

Dünya Bankası. (2020). Resilient cities. World Bank Group.

Financial Stability Board [FSB] - Task Force on Climate-related Financial Disclosures [TCFD]. (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. https://www.fsb-tcfd.org/publications/

Gemici, A. (2024). Sürdürülebilir dirençli kentler. IV. Bozok Öğrenci Paneli Tam Metin Bildiri Kitabı (ss. 69–81). Yozgat Bozok Üniversitesi Yayınları.

Hajer, M. A. (1995). The politics of environmental discourse: Ecological modernization and the policy process. Clarendon Press.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4, 1-23.

Hood, C. (1991). A public management for all seasons? Public Administration, 69(1), 3-19. https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.1991.tb00779.x

International Financial Reporting Standards [IFRS]. (2023a). IFRS S1 general requirements for disclosure of sustainability-related financial information. IFRS Foundation.

International Financial Reporting Standards [IFRS]. (2023b). IFRS S2 climate-related disclosures. IFRS Foundation.

International Monetary Fund [IMF]. (2019). Fiscal monitor: How to mitigate climate change. IMF Publications. https://doi.org/10.5089/9781498315142.089

IPCC. (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press.

Kamu Gözetimi, Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu [KGK]. (2024a). Türkiye sürdürülebilirlik raporlama standartları (TSRS) 1 ve 2. https://kgk.gov.tr/

Kamu Gözetimi, Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu [KGK]. (2024b). Türkiye sürdürülebilirlik raporlama standartları uygulama rehberi. Resmî Gazete.

Kamu Gözetimi, Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu [KGK]. (2024c). Türkiye sürdürülebilirlik raporlama standartları (TSRS) hakkında genel tebliğ. Resmî Gazete.

Mol, A. P. (2001). The modernization of modernity: Propelling the environmental reform of the global economy. MIT Press.

OECD. (2021a). Green budgeting and tax policy tools for the low-carbon transition. OECD Publishing.

OECD. (2021b). Green budgeting in OECD countries. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/af2ad205-en

OECD. (2021c). The governance of climate change: Effective policy tools for local governments. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264254451-en

Schipper, E. L. F., & Langston, L. (2015). A comparative overview of resilience measurement frameworks. Overseas Development Institute (ODI).

Tandırcıoğlu, Ö. Ü. H. (2024). Döngüsel ekonominin kamu finansmanına yansımaları: Yeşil tahviller. İşletme ve İktisat Araştırmaları Dergisi, 167-185.

Türkiye Araştırmaları. (2026). Türkiye'de sürdürülebilir dirençli kentler ve ekoloji politikaları. https://www.google.com/search?q=https://www.turkiyearastirmalari.org/

United Nations Development Programme [UNDP]. (2020). Climate governance for local authorities. UNDP Publications.

United Nations Development Programme [UNDP]. (2021). Climate budget tagging (CBT): Guidance note. UNDP Publications.

World Bank. (2022). Municipal finance for resilient cities: Tools and frameworks. World Bank Group Publications.

AYRIŞAN DÜNYADA SÜRDÜRÜLEBİLİR GÜVENLİK: AVRUPA BİRLİĞİ YEŞİL DİPLOMASİSİ VE GÜVENLİĞİN DÖNÜŞEN BOYUTLARI

SUSTAINABLE SECURITY IN A FRAGMENTED WORLD: EUROPEAN UNION GREEN DIPLOMACY AND THE TRANSFORMING DIMENSIONS OF SECURITY

Dr. Öğr. Üyesi Samet İŞBİLEN[1]

Özet

Uluslararası sistem, son yıllarda derinleşen jeopolitik rekabet, enerji arz kırılganlıkları ve iklim değişikliğinin yol açtığı çevresel riskler nedeniyle daha parçalı ve belirsiz bir yapıya dönüşmüştür. Bu dönüşüm, güvenliğin yalnızca askerî tehditler ve klasik devlet merkezli yaklaşımlar üzerinden ele alınmasını yetersiz hale getirmiş; çevresel sürdürülebilirlik, enerji dayanıklılığı, yönetişim kapasitesi ve insani kırılganlıklar gibi unsurları da güvenlik tartışmalarının merkezine taşımıştır. Bu çalışma, Avrupa Birliği'nin yeşil diplomasi yaklaşımını bu dönüşüm bağlamında incelemekte ve söz konusu yaklaşımın sürdürülebilir güvenlik üretimi bakımından nasıl bir işleve sahip olduğunu tartışmaktadır. Temel problem, ayrışan bir uluslararası düzende iklim, enerji ve çevre politikalarının güvenlik üretiminde nasıl bir rol oynadığı ve AB'nin bu alanlarda geliştirdiği araçların hangi güvenlik mantığı içinde değerlendirilmesi gerektiğidir.

Çalışma, kavramsal analiz, belge incelemesi ve sınırlı içerik analizine dayanmaktadır. AB'nin iklim, enerji, dış politika ve güvenlik alanındaki temel kurumsal belgeleri ile iklim-güvenlik literatüründe öne çıkan insani güvenlik, geleneksel güvenlik ve güvenlikleştirme tartışmaları birlikte değerlendirilmektedir. Çalışmanın temel bulgusu, AB'nin iklim değişikliğini doğrudan askerî bir tehdit olarak değil, mevcut kırılganlıkları derinleştiren bir çarpan etkisi olarak ele aldığıdır. Bu nedenle AB yeşil diplomasisi, güvenliği askerîleştirmekten çok enerji dayanıklılığı, düzenleyici uyum, kurumsal kapasite ve çok taraflı koordinasyon üzerinden üretmeye yönelmektedir. Sonuç olarak çalışma, AB yeşil diplomasisinin ayrışan dünyada çevresel, insani ve yönetişimsel boyutları bir araya getiren işlevsel bir sürdürülebilir güvenlik çerçevesi sunduğunu savunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *AB, yeşil diplomasi, sürdürülebilir güvenlik, iklim değişikliği, yönetişim*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, samet.isbilen@yobu.edu.tr

Abstract

The international system has become increasingly fragmented and uncertain under the pressures of geopolitical rivalry, energy insecurity, and climate-related environmental risks. This transformation has made it insufficient to understand security solely through military threats and conventional state-centric approaches. Instead, environmental sustainability, energy resilience, governance capacity, and human vulnerability have become central to contemporary security debates. This article examines the European Union's green diplomacy within this changing context and asks how it contributes to the production of sustainable security. The main problem addressed is how climate, energy, and environmental policies function within security production in a fragmented international order, and under which security logic the EU's instruments in these fields should be understood.

Methodologically, the study combines conceptual analysis, document analysis, and limited content analysis. It evaluates core EU institutional documents in the fields of climate, energy, foreign policy, and security together with debates in the climate-security literature, especially those concerning human security, traditional security, and securitization. The findings suggest that the EU approaches climate change not primarily as a direct military threat, but as a threat multiplier that deepens existing vulnerabilities. In this sense, EU green diplomacy does not primarily securitize climate through military means; rather, it seeks to produce security through energy resilience, regulatory alignment, institutional capacity, and multilateral coordination. The article concludes that EU green diplomacy offers a functional framework of sustainable security by bringing together environmental, human, and governance dimensions within an increasingly fragmented world.

Keywords: *European Union, green diplomacy, sustainable security, climate change, governance*

Giriş

Uluslararası sistem, son yıllarda derinleşen jeopolitik rekabet, enerji arz krizleri, iklim değişikliğinin yol açtığı çevresel tehditler, tedarik zinciri kırılmaları ve dijital dönüşümün ürettiği yeni kırılganlıklar nedeniyle daha parçalı, belirsiz ve çok katmanlı bir yapıya evrilmiştir. Bu dönüşüm, güvenliğin yalnızca askerî tehditler, güç dengesi ve klasik devlet merkezli yaklaşımlar üzerinden açıklanmasını yetersiz hale getirmiştir. Buna karşılık güvenlik; çevresel sürdürülebilirlik, enerji dayanıklılığı, kurumsal uyum, yönetişim kapasitesi ve insani kırılganlıkları da içeren daha geniş bir çerçevede ele alınmaya başlanmıştır. Avrupa Birliği de bu değişim karşısında yeşil dönüşümü yalnızca bir iç politika hedefi olarak değil, dış politika ve güvenlik yaklaşımının giderek daha merkezi bir boyutu olarak konumlandırmaktadır (European Commission, 2019).

Bu bağlamda AB'nin yeşil diplomasi yaklaşımı, klasik çevre politikasının ötesine geçen daha kapsamlı bir stratejik yönelim olarak değerlendirilebilir. Avrupa Yeşil Mutabakatı, iklim nötrlüğü hedefinin hukuki zemine taşınması ve iklim-güvenlik bağını kurumsal belgeler aracılığıyla görünür kılan yeni yaklaşım, AB'nin çevre, enerji ve güvenlik alanlarını giderek daha iç içe ele aldığını göstermektedir. Avrupa İklim Yasası, yeşil dönüşüm hedeflerini hukuki bağlayıcılık düzeyine taşırken, iklim-güvenlik bağlantısını ele alan ortak belgeler de iklim değişikliği ve çevresel bozulmanın barış, güvenlik ve savunma üzerindeki etkilerini daha açık biçimde tanımlamıştır (European Union, 2021). Böylece iklim değişikliği ve çevresel bozulma, artık yalnızca çevre politikasının tali başlıkları değil, dış politika ve güvenlik tartışmalarının da parçası haline gelmiştir. Bu yönelim, AB'nin güvenliği yalnızca savunma ve caydırıcılık üzerinden değil; enerji dayanıklılığı, düzenleyici kapasite ve çok düzeyli yönetişim üzerinden yeniden düşünmeye başladığını göstermektedir (European Commission & High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy, 2023).

Ancak iklim değişikliği ile güvenlik arasındaki ilişkinin nasıl kurulacağı literatürde tartışmalıdır. AB'nin iklim-güvenlik alanındaki erken kurumsal ve söylemsel pozisyonu, Birliğin bu alanda yalnızca çevresel değil, aynı zamanda güvenlik odaklı bir norm girişimcisi olarak hareket ettiğini göstermektedir (Zwolski & Kaunert, 2011). Güvenlik çalışmalarında iklim değişikliğini güvenlik meselesi olarak ele alan yaklaşımlar genel olarak iki eksende şekillenmektedir. İlk yaklaşım, açlık, su kıtlığı, yoksulluk, hastalık, yerinden edilme ve toplumsal kırılganlık gibi insani güvenlik etkilerine odaklanmaktadır. İkinci yaklaşım ise kaynak çatışmaları, düzensiz göç, devlet kırılganlığı, siyasal istikrarsızlık ve şiddet riski gibi geleneksel güvenlik sonuçlarını öne çıkarmaktadır. Bu iki alan çoğu zaman birbirinden kopuk değildir; iklim değişikliğinin doğrudan insani etkileri zamanla siyasal ve güvenlik sonuçlarına dönüşebilmektedir. Aynı zamanda, iklim değişikliğinin güvenlikleştirilmesine karşı çıkan eleştirel yaklaşımlar da askerîleştirme, demokratik alanın daralması ve güvenlik dilinin aşırı genişlemesi gibi risklere dikkat çekmektedir (Baysal & Karakaş, 2017).

Nitekim AB iklim diplomasisinin son yıllarda daha hedefli ve stratejik bir çizgiye kaydığı, özellikle büyük yayıcılarla yürütülen ilişkilerde daha seçici ve çok katmanlı bir diplomatik yaklaşım geliştirdiği ileri sürülmektedir (Schunz, 2021). Bu tartışma, AB yeşil diplomasisini anlamak bakımından özel önem taşımaktadır. Çünkü AB, iklim değişikliğini doğrudan askerî bir tehdit olarak çerçevelemekten çok, mevcut kırılganlıkları derinleştiren bir çarpan etkisi olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle AB'nin yaklaşımı, iklimi güvenlik gündemine taşırken meseleyi esas olarak yönetişimsel, düzenleyici ve çok taraflı araçlarla ele almaktadır. Bu yönelim, iklim ve güvenlik ilişkisinin yalnızca AB düzeyinde değil, Birleşmiş Milletler sistemi içinde de daha görünür hale geldiğini ve iklim kaynaklı risklerin uluslararası barış ve güvenlik bağlamında giderek daha sistematik biçimde ele alındığını göstermektedir (United Nations, 2023).Bu durum, AB yeşil diplomasisinin klasik çevre diplomasisinden ayrılarak daha geniş bir sürdürülebilir güvenlik çerçevesi içinde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Council of the European Union, 2024).

Bununla birlikte, mevcut literatürde AB'nin iklim diplomasisi, normatif gücü ve düzenleyici kapasitesi üzerine önemli bir birikim bulunmasına rağmen, yeşil diplomasinin doğrudan sürdürülebilir güvenlik üretimi bağlamında ele alınması hâlâ sınırlıdır. Bu çalışma, söz konusu boşluktan hareket etmektedir. Makalenin temel argümanı, AB'nin yeşil diplomasisinin yalnızca çevresel hedeflere yönelen normatif bir dış politika pratiği olmadığı; aynı zamanda uzun vadeli istikrar, enerji dayanıklılığı, kurumsal esneklik, düzenleyici uyum ve çok taraflı iş birliği aracılığıyla sürdürülebilir güvenliğin inşasına katkı sağlayan stratejik bir çerçeve sunduğudur. Bu doğrultuda çalışma, ayrışan bir uluslararası düzende AB'nin iklim, enerji ve çevre odaklı dış politika araçlarının güvenlik üretiminde nasıl bir işlev gördüğünü sorgulamaktadır. Araştırma, nitel yaklaşım temelinde kavramsal analiz, belge incelemesi ve sınırlı içerik analizine dayanmaktadır. Amaç, AB yeşil diplomasisini güvenlik çalışmalarının genişleyen gündemi içine yerleştirerek çevresel, insani ve yönetişimsel boyutların çağdaş güvenlik anlayışındaki

artan ağırlığını ortaya koymaktır. Bu çerçevede AB'nin uluslararası rolü, normatif güç ve düzenleyici etki tartışmalarıyla birlikte okunmaktadır (Manners, 2002).

1. Kavramsal ve Kuramsal Çerçeve

Bu çalışmanın analitik zemini üç temel kavram etrafında şekillenmektedir: yeşil diplomasi, sürdürülebilir güvenlik ve AB'nin normatif/düzenleyici gücü. Bu kavramlar birlikte ele alındığında, AB'nin iklim, enerji ve çevre odaklı dış politika araçlarının yalnızca çevresel hedefler üretmediği; aynı zamanda daha geniş bir güvenlik mantığı içinde işlediği görülmektedir. Dolayısıyla AB yeşil diplomasisini anlamak, yalnızca iklim diplomasisinin kurumsal araçlarını incelemeyi değil, bu araçların hangi güvenlik anlayışına dayandığını ve ne tür bir uluslararası etki yarattığını da açıklamayı gerektirmektedir.

İlk olarak yeşil diplomasi, AB bağlamında iklim değişikliğiyle mücadele, çevresel sürdürülebilirlik, enerji dönüşümü ve yeşil kalkınma hedeflerinin dış ilişkiler yoluyla desteklenmesini ifade etmektedir. Bu yönüyle yeşil diplomasi, klasik çevre diplomasisinden daha geniş bir kapsama sahiptir; çünkü yalnızca çevre müzakerelerini değil, enerji güvenliği, kalkınma, ticaret, düzenleyici uyum ve çok taraflı yönetişim başlıklarını da içine almaktadır. Özellikle yeşil dönüşümün AB'nin küresel rolüyle daha doğrudan ilişkilendirilmesi, yeşil diplomasiyi Birliğin dış eylem repertuvarında daha kurucu bir konuma taşımıştır (European External Action Service, 2025; European Commission, 2019). Bu nedenle çalışmada yeşil diplomasi, çevresel hedeflerin ötesine geçen ve uluslararası etki üretmeye çalışan çok boyutlu bir dış politika aracı olarak ele alınmaktadır. Bu çerçeve, AB iklim diplomasisinin son dönemde çok taraflı müzakerelerle sınırlı kalmayıp, büyük yayıcılarla kurulan daha stratejik ve hedef odaklı ilişkiler üzerinden genişlediğini ortaya koyan çalışmalarla da uyumludur (Schunz, 2021).

İkinci olarak sürdürülebilir güvenlik kavramı, güvenliğin yalnızca askerî tehditlerin bertaraf edilmesiyle sınırlı olmadığını; çevresel bozulma, iklim değişikliği, enerji arz kırılganlıkları, toplumsal hassasiyetler ve yönetişim zaafları gibi yapısal risklerin de güvenlik alanının parçası olduğunu kabul eden daha geniş bir yaklaşımı ifade etmektedir. Bu çerçevede sürdürülebilir güvenlik, kısa vadeli tehdit yönetiminden ziyade uzun vadeli dayanıklılığı, uyum kapasitesini ve kurumsal istikrarı merkeze alan bir güvenlik anlayışına işaret etmektedir. AB'nin iklim, enerji ve güvenlik belgeleri de bu genişleyen güvenlik çerçevesini giderek daha görünür hale getirmektedir. Bu çalışma da AB yeşil diplomasisinin etkilerini tam olarak bu geniş güvenlik anlayışı içinde değerlendirmektedir (European Commission & High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy, 2023).

Üçüncü olarak AB'nin yeşil diplomasisini açıklamak için normatif güç ile düzenleyici gücün birlikte düşünülmesi gerekir. AB, bir yandan iklim değişikliğiyle mücadeleyi küresel sorumluluk, çevresel adalet ve çok taraflı iş birliği gibi normatif ilkeler üzerinden savunmaktadır. Diğer yandan karbon düzenlemeleri, enerji dönüşüm standartları ve çevresel uyum mekanizmaları yoluyla diğer aktörler üzerinde maddi ve kurumsal etkiler yaratmaktadır. Bu ikili yapı, AB'nin uluslararası alandaki etkisinin yalnızca söylemsel değil, aynı zamanda düzenleyici olduğunu göstermektedir. Nitekim AB'nin uluslararası rolünü açıklayan normatif güç yaklaşımı, Birliğin etkisini askerî kapasitesinden çok norm yayma ve meşruiyet üretme kabiliyeti üzerinden değerlendirmektedir (Manners, 2002). Ancak AB'nin etkisi bununla sınırlı değildir; yeşil diplomasi aynı zamanda standart koyma, kuralları dışsallaştırma ve ortak davranış kalıpları oluşturma kapasitesini de içermektedir (Bach & Newman, 2007; Bradford, 2020; Damro, 2012).

Bu noktada AB'nin yeşil diplomasisi, normatif güç ile düzenleyici gücün iklim-güvenlik ekseninde birleştiği melez bir dış politika pratiği olarak değerlendirilebilir. Bir yandan AB, iklim değişikliğiyle mücadeleyi değer ve norm temelli bir söylem üzerinden savunmakta; diğer yandan yeşil standartlar, enerji politikaları ve düzenleyici araçlar yoluyla somut etki üretmektedir. Bu nedenle AB yeşil diplomasisi, yalnızca dış politika aracı değil; aynı zamanda güvenliğin kapsamını dönüştüren yönetişimsel ve stratejik bir mekanizma olarak kavramsallaştırılmalıdır. Sonuç olarak bu bölümde ortaya konulan çerçeve, makalenin geri kalan kısmının iki temel varsayım üzerine kurulmasını mümkün kılmaktadır: birincisi, yeşil diplomasi AB açısından çevre politikasının dışa taşınmasından ibaret değildir; dış politika, düzenleme ve güvenlik alanlarının kesişiminde yer alan çok boyutlu bir araçtır. İkincisi, sürdürülebilir güvenlik askerî kapasiteyi dışlamadan, fakat onu aşan daha geniş bir istikrar ve dayanıklılık mantığı gerektirmektedir. Bu nedenle AB yeşil diplomasisinin güvenlik etkilerini anlamak için normatif güç, düzenleyici etki ve iklim-güvenlik bağlantısının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

2. AB Yeşil Diplomasisinin Kurumsal Gelişimi ve Politika Araçları

AB'nin yeşil diplomasi yaklaşımı, tek bir belgeyle ortaya çıkan ani bir dış politika tercihi değil; iklim politikası, enerji yönetişimi, çevresel sürdürülebilirlik ve dış ilişkiler alanlarının zaman içinde kesişmesiyle oluşan kurumsal bir dönüşümün ürünüdür. Bu dönüşümde özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı belirleyici bir eşik işlevi görmüştür. Bu belgeyle yeşil dönüşüm, yalnızca çevre politikasına ait bir hedef olarak değil, ekonomik büyüme modeli, sanayi stratejisi, toplumsal dönüşüm ve küresel etki üretme kapasitesiyle bağlantılı bütüncül bir çerçeve olarak tanımlanmıştır. Böylece iklim ve çevre meseleleri, AB'nin iç düzenleyici gündeminin ötesine taşınarak dış politika, ticaret, enerji ve uluslararası iş birliği alanlarıyla daha doğrudan ilişkilendirilmiştir. Bu yönelim, yeşil diplomasinin zamanla Birliğin uluslararası rol tanımının daha kurucu bir parçası haline geldiğini göstermektedir (European Commission, 2019).

Bu kurumsallaşma sürecinde Avrupa Dış Eylem Servisi önemli bir rol üstlenmektedir. EEAS, AB'nin iklim, enerji ve çevre önceliklerini ortak ülkelerle diyalog, çok taraflılık ve küresel eylem üzerinden yürüttüğünü açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu durum, yeşil diplomasinin yalnızca çevre müzakerelerine katılım anlamına gelmediğini; aynı zamanda AB Delegasyonları, üye devlet diplomatik ağları ve ilgili kurumlar arasında koordinasyon gerektiren daha geniş bir dış politika pratiğine dönüştüğünü göstermektedir. Nitekim son yıllarda kabul edilen belgeler, yeşil diplomasinin AB dış ve güvenlik politikasının temel bileşenlerinden biri haline geldiğini ve bu alanın kurumsal ağlar, uzman grupları ve Team Europe benzeri eşgüdüm mekanizmalarıyla desteklendiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle AB yeşil diplomasisi yalnızca söylemsel değil, örgütsel ve diplomatik olarak da kurumsallaşmış bir yapıya sahiptir (European External Action Service, 2025).

AB yeşil diplomasisinin politika araçları incelendiğinde ilk büyük eksenin çok taraflı iklim ve çevre diplomasisi olduğu görülmektedir. Birlik, Paris Anlaşması, COP süreçleri, biyolojik çeşitlilik müzakereleri ve küresel çevre yönetişimi mekanizmalarında kendisini yüksek hedef düzeyi savunan bir aktör olarak konumlandırmaktadır. Bu çerçevede AB, yalnızca normatif bir destek sunmamakta; ortak ülkelerin ulusal katkı beyanları, yeşil dönüşüm planları ve çevresel uyum süreçleri üzerinde de etki üretmeye çalışmaktadır. Burada diplomasi, uluslararası anlaşmalara katılımın ötesinde, taahhütlerin uygulamaya dönüştürülmesini amaçlayan sürekli bir dış yönetişim mekanizması olarak işlev görmektedir (Council of the European Union, 2024).

İkinci önemli eksen, enerji diplomasisi ile yeşil dönüşüm arasındaki bağın güçlenmesidir. Özellikle Rusya-Ukrayna savaşı sonrasında enerji arz güvenliği, AB dış politikasında yeniden merkezî hale gelmiş; ancak bu dönüş, fosil bağımlılığın sürdürülmesi yerine yeşil geçişin hızlandırılmasıyla birlikte düşünülmüştür. Bu çerçevede enerji bağımlılığını azaltma, yenilenebilir enerji kapasitesini artırma ve enerji sistemini daha dayanıklı hale getirme hedefleri, dış enerji angajmanıyla doğrudan ilişkilendirilmiştir. Böylece yeşil diplomasi, dış enerji ilişkileri, tedarik güvenliği ve stratejik dayanıklılık ile daha açık biçimde birleşmiştir. Bu bağlam, iklim diplomasisi ile enerji diplomasisinin birbirinden ayrı değil, dış politika, dayanıklılık ve güvenlik hedefleri bakımından birbirini tamamlayan alanlar olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır (Council of the European Union, 2023). Bu durum, yeşil dönüşümün yalnızca çevresel değil, aynı zamanda jeoekonomik ve güvenlik boyutları olan bir süreç olduğunu göstermektedir (European Commission, 2022).

Üçüncü eksen, iklim-güvenlik bağının AB dış eylemine kurumsal olarak dahil edilmesidir. Son dönem belgeleri, iklim değişikliği ve çevresel bozulmanın barış, güvenlik ve savunma üzerindeki etkilerini doğrudan tanımlamakta ve bu alanda AB kapasitesinin güçlendirilmesini önermektedir. Bu yaklaşım, iklimin dış politika ve güvenlik gündemine tali bir başlık olarak değil, ana akımlaştırılması gereken yapısal bir unsur olarak dahil edildiğini göstermektedir. Özellikle iklim değişikliğinin bir "threat multiplier" olarak değerlendirilmesi, savunma hazırlığı, kriz müdahalesi ve güvenlik planlamasının iklim koşullarına uyarlanması gereğini daha görünür hale getirmiştir. Böylece yeşil diplomasi, çevre politikasına eklemlenmiş sınırlı bir alan olmaktan çıkarak güvenlik yönetişiminin parçası haline gelmiştir (European Commission & High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy, 2023).

Dördüncü eksen ise düzenleyici ve yönetişimsel araçlardır. AB yeşil diplomasisinin etkisi yalnızca zirve diplomasisi ya da uluslararası müzakerelerle sınırlı değildir; aynı zamanda mevzuat uyumu, standart belirleme, aday ülkeler ve komşu ülkelerle yakınlaştırma mekanizmaları, finansman araçları ve teknik iş birliği kanallarıyla da şekillenmektedir. Bu durum, AB'nin yeşil diplomasisinin dış politika ile genişleme ve komşuluk siyaseti arasında da köprü kurduğunu göstermektedir. Diplomasi burada yalnızca söylem üretimi değil; normların, standartların ve teknik kapasitenin dışa taşınması anlamına gelmektedir. Bu da AB'nin normatif gücünü düzenleyici etkiyle birleştiren çok düzeyli bir dış politika pratiği doğurmaktadır (Council of the European Union, 2024).

Sonuç olarak AB yeşil diplomasisinin kurumsal gelişimi, Birliğin iklim ve çevre gündemini dış politikaya eklemlemesinden çok daha kapsamlı bir dönüşüme işaret etmektedir. Yeşil diplomasi bugün AB açısından çok taraflı müzakere, enerji dönüşümü, iklim-güvenlik entegrasyonu, dış finansman, teknik uyum ve düzenleyici standart üretimini bir araya getiren çok katmanlı bir araç setine dönüşmüştür. AB'nin iklim diplomasisinin sektörel boyutları da bu tabloyu güçlendirmektedir; özellikle uluslararası ulaştırma ve denizcilik gibi alanlarda geliştirilen diplomatik girişimler, Birliğin çevresel hedefleri küresel düzenleyici standartlara dönüştürme kapasitesini göstermektedir (Dikaios, 2024). Bu nedenle AB yeşil diplomasisinin güvenlik etkileri, yalnızca çevre alanındaki görünürlüğüyle değil; enerji dayanıklılığı, kurumsal koordinasyon, dış yönetişim kapasitesi ve uluslararası norm üretimi üzerindeki etkisiyle değerlendirilmelidir (Council of the European Union, 2024).

3. AB Yeşil Diplomasisinin Sürdürülebilir Güvenlik Üzerindeki Etkileri

AB yeşil diplomasisinin sürdürülebilir güvenlik üzerindeki etkileri, güvenlik kavramının klasik askerî tehditlerin ötesine taşınması bakımından önem taşımaktadır. İklim değişikliği ve güvenlik literatürü, bu ilişkinin tek boyutlu olmadığını; hem insani güvenlik hem de geleneksel güvenlik mantıkları üzerinden kurulduğunu göstermektedir. Bir yandan açlık, su kıtlığı, yoksulluk, sağlık sorunları ve yerinden edilme gibi insani etkiler öne çıkarken, diğer yandan kaynak çatışmaları, düzensiz göç, devlet kırılganlığı ve şiddet riski gibi daha geleneksel güvenlik sonuçları gündeme gelmektedir. Bu iki alan çoğu zaman birbirinden bağımsız değildir; iklim değişikliğinin doğrudan insani etkileri zamanla siyasal ve güvenlik sonuçlarına dönüşebilmektedir (Baysal & Karakaş, 2017).

Bu çerçevede AB yeşil diplomasisinin ilk önemli etkisi, enerji dayanıklılığı ve arz güvenliğini daha sürdürülebilir bir temele oturtmasıdır. Özellikle Rusya-Ukrayna savaşı sonrasında Avrupa'nın enerji bağımlılığı sorunu, çevre politikası ile güvenlik politikasının birbirinden ayrı düşünülemeyeceğini açık biçimde göstermiştir. Bu nedenle AB yeşil diplomasisi, enerji güvenliğini yalnızca kısa vadeli arz sorunu olarak değil, uzun vadeli dayanıklılık ve stratejik bağımsızlık meselesi olarak yeniden tanımlamaktadır. REPowerEU planı da enerji bağımlılığını azaltma, yenilenebilir enerji kapasitesini artırma ve enerji sistemini daha dirençli hale getirme hedeflerini aynı çerçevede birleştirmektedir (European Commission, 2022). İklim-güvenlik literatüründe sıkça vurgulanan "threat multiplier" yaklaşımı da burada açıklayıcıdır; çünkü iklim değişikliği tek başına güvenlik tehdidi üretmeyebilir, ancak mevcut enerji, gıda ve su kırılganlıklarını derinleştirerek güvenlik ortamını daha kırılgan hale getirebilir (European Commission & High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy, 2023).

İkinci olarak AB yeşil diplomasisi, insani güvenlik boyutunu daha görünür hale getirmektedir. İklim değişikliğinin kuraklık, deniz seviyesindeki artış, düzensiz yağış rejimleri ve aşırı hava olayları yoluyla tarımsal üretimi, suya erişimi, halk sağlığını ve yaşam alanlarını etkilediği artık geniş ölçüde kabul edilmektedir. Bu durum özellikle kırılgan toplumlarda gıda güvensizliği, yoksullaşma, göç ve toplumsal huzursuzluk gibi sonuçlar yaratabilmektedir. Dolayısıyla AB yeşil diplomasisi yalnızca çevresel normların savunusu değildir; aynı zamanda kırılgan toplumların dayanıklılığını artırma, uyum kapasitesini güçlendirme ve güvenliği daha insan-merkezli bir düzlemde yeniden düşünme çabasıdır (Baysal & Karakaş, 2017). AB'nin kalkınma iş birliği, enerji dönüşümü ve iklim uyumuna yönelik dış politika araçları da bu insani güvenlik mantığı içinde okunmalıdır (Council of the European Union, 2024).

Üçüncü olarak bu yaklaşım, kurumsal dayanıklılık ve çok düzeyli yönetişim kapasitesi üretmektedir. Sürdürülebilir güvenlik yalnızca dış tehditlere tepki vermeyi değil, krizleri önceden öngörebilen, farklı aktörler arasında eşgüdüm kurabilen ve uzun vadeli uyum politikaları geliştirebilen kurumsal yapılar gerektirir. AB yeşil diplomasisi, AB kurumları, üye devletler, delegasyonlar ve partner ülkeler arasında bu tür bir koordinasyon kapasitesi oluşturmaktadır. Bu yönüyle güvenliğin yalnızca kriz anında müdahale ile değil, yönetişim kapasitesi ve önleyici koordinasyonla üretildiği bir model sunmaktadır (Council of the European Union, 2024).

Dördüncü olarak AB yeşil diplomasisinin önemli bir etkisi, düzenleyici güvenlik üretimidir. İklim değişikliği ve güvenlik literatüründe çevresel sorunların güvenlikleştirilmesinin hangi araçlarla yürütüleceği önemli bir tartışma konusudur. Bir yandan iklim değişikliğini güvenlik alanına dahil etmenin soruna daha fazla aciliyet kazandırdığı savunulurken, diğer yandan bunun aşırı askerîleştirme riskine yol açabileceği ileri sürülmektedir (Baysal & Karakaş, 2017). AB'nin farkı ise bu güvenlikleşmeyi esas olarak askerî araçlarla değil, düzenleyici uyum, norm üretimi, teknik destek ve çok taraflı yönetişim araçlarıyla yürütmeye çalışmasıdır. Bu nedenle AB yeşil diplomasisi, güvenliği düzenleme, standart koyma ve ortak politika yakınlaştırması üzerinden üretmeye çalışan bir modeldir. Bu durum, sürdürülebilir güvenliğin askerî caydırıcılıktan çok öngörülebilirlik, normatif yakınsama ve yönetişim kapasitesi üzerinden kurulduğunu göstermektedir (Council of the European Union, 2024).

Beşinci olarak AB yeşil diplomasisi, iklim kaynaklı kırılganlıkların daha ağır güvenlik sorunlarına dönüşmesini önlemeye çalışan bir çerçeve sunmaktadır. İklim-güvenlik literatürü, su kıtlığı, gıda güvensizliği, çevresel bozulma ve düzensiz göç gibi etkilerin, özellikle zaten kırılgan olan siyasal yapılarda istikrarsızlık riskini artırabileceğini vurgulamaktadır. Burada önemli olan, iklim değişikliği ile çatışma arasında doğrudan ve mekanik bir ilişki kurmak değil; iklimin mevcut eşitsizlikleri, kurumsal zayıflıkları ve kaynak baskılarını derinleştirerek güvenlik sorunlarını ağırlaştırabildiğini kabul etmektir (Baysal & Karakaş, 2017). Bu nedenle AB yeşil diplomasisi, iklimi bağımsız bir savaş nedeni olarak değil, mevcut riskleri artıran ve bu nedenle önleyici yönetişim gerektiren bir çarpan etkisi olarak ele almaktadır (European Commission & High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy, 2023). Benzer biçimde BM Genel Sekreterliği de iklim, barış ve güvenlik arasındaki bağın özellikle kırılgan toplumlarda daha görünür hale geldiğini ve bu risklerin önleyici kapasite, dayanıklılık ve kurumsal uyum yoluyla ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır (United Nations, 2023).

Bununla birlikte, AB yeşil diplomasisinin sürdürülebilir güvenlik üzerindeki etkileri sınırsız ve sorunsuz değildir. İklim değişikliğinin güvenlikleştirilmesine yönelik eleştiriler, bu alanın aşırı güvenlik diliyle ele alınmasının demokratik siyaseti daraltabileceğini, göç ve kırılgan toplumlar üzerinde dışlayıcı politikaları meşrulaştırabileceğini ve çevre sorunlarını askerî mantık içine çekebileceğini göstermektedir (Baysal & Karakaş, 2017). Bu nedenle AB yeşil diplomasisinin başarısı, iklimi güvenlik gündemine taşımasından çok, bunu hangi araçlarla ve hangi normatif çerçeveyle yaptığına bağlıdır. AB'nin göreli avantajı, bu süreci büyük ölçüde çok taraflılık, yönetişim ve düzenleyici etki üzerinden yürütmesidir (Council of the European Union, 2024).

Sonuç olarak AB yeşil diplomasisi, sürdürülebilir güvenlik üretiminde birbirine bağlı beş etki yaratmaktadır: enerji dayanıklılığını güçlendirme, insani güvenlik kırılganlıklarını azaltma, kurumsal eşgüdüm kapasitesi oluşturma, düzenleyici standartlar yoluyla öngörülebilirlik üretme ve iklim kaynaklı kırılganlıkların daha ağır güvenlik sorunlarına dönüşmesini önleme. Bu etkiler, güvenliğin artık yalnızca askerî kapasite veya caydırıcılık üzerinden değil; çevresel sürdürülebilirlik, enerji dönüşümü, insan güvenliği ve çok düzeyli yönetişim üzerinden de üretildiğini göstermektedir.

4. Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışma, Avrupa Birliği'nin yeşil diplomasisinin ayrışan uluslararası düzende sürdürülebilir güvenlik üretimi bakımından nasıl bir işleve sahip olduğunu incelemiştir. Kavramsal, belge temelli ve sınırlı içerik analizi, AB yeşil diplomasisinin klasik çevre politikası araçlarının ötesine geçen daha geniş bir stratejik işleve sahip olduğunu göstermektedir. AB, iklim değişikliği, enerji dönüşümü ve çevresel sürdürülebilirlik başlıklarını dış politika repertuvarına dahil ederken, bunları yalnızca normatif bir çevre gündemi olarak değil, aynı zamanda istikrar, dayanıklılık ve güvenlik üretimiyle bağlantılı bir yönetişim alanı olarak da ele almaktadır. Bu yönüyle Avrupa Yeşil Mutabakatı, Yeşil Diplomasi Konsey Sonuçları ve iklim-güvenlik bağlantısını kurumsallaştıran belgeler birlikte değerlendirildiğinde, AB'nin güvenliği giderek daha fazla çevresel riskler, enerji kırılganlıkları, insani hassasiyetler ve kurumsal uyum sorunları üzerinden tanımladığı görülmektedir (European Commission, 2019; Council of the European Union, 2024; European Commission & High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy, 2023).

Çalışmanın temel bulgularından biri, AB yeşil diplomasisinin güvenlik etkisinin tek boyutlu değil, katmanlı bir yapıya sahip olmasıdır. Bu etki, bir yandan enerji dayanıklılığı, düzenleyici standartlar ve çok taraflı koordinasyon üzerinden kurumsal ve stratejik sonuçlar üretirken, diğer yandan insani güvenlik alanında ortaya çıkan kırılganlıkların daha geniş istikrarsızlık risklerine dönüşmesini önlemeye çalışan bir mantıkla işlemektedir. Bu nedenle AB yeşil diplomasisi, iklim değişikliğini doğrudan savaş nedeni olarak değil, mevcut eşitsizlikleri, kaynak baskılarını, göç dinamiklerini ve yönetişim sorunlarını derinleştiren bir çarpan etkisi olarak ele almaktadır. Bu yaklaşım, iklim ile çatışma arasındaki ilişkiyi mekanik ve doğrusal biçimde kurmaktan kaçınmakta; buna karşılık iklim kaynaklı insani kırılganlıkların zaman içinde geleneksel güvenlik sorunlarına dönüşebileceğini kabul etmektedir. Bu noktada iklim değişikliğinin güvenlik etkilerinin hem insani hem de geleneksel güvenlik mantıklarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiği açıktır; çünkü bu iki alan çoğu durumda birbirinden ayrı değil, birbirini besleyen süreçler olarak işlemektedir (Baysal & Karakaş, 2017).

Bununla birlikte, AB yeşil diplomasisinin güvenlik etkisini yalnızca normatif söylem düzeyinde okumak yetersizdir. Çalışmada da ortaya konduğu üzere, Birliğin bu alandaki etkisi esasen üç düzeyde belirginleşmektedir: normatif meşruiyet üretimi, düzenleyici dışsallaştırma ve stratejik dayanıklılık inşası. Bu nedenle AB yeşil diplomasisini ne yalnızca söylemsel bir norm savunusu ne de salt teknik bir çevre yönetişimi olarak değerlendirmek mümkündür. Asıl önemli olan, normatif hedefler ile düzenleyici araçların güvenlik mantığıyla

birleşmesidir. Bu durum, AB'nin uluslararası rolünü yalnızca değer savunusu üzerinden değil, aynı zamanda standart belirleme, uyum üretme ve yönetişim kapasitesi inşa etme yeteneği üzerinden de düşünmeyi gerektirmektedir (Manners, 2002; Bach & Newman, 2007; Bradford, 2020).

Öte yandan bu bulgular, AB yeşil diplomasisinin sorunsuz ve her durumda eşit ölçüde etkili bir model sunduğu anlamına gelmemektedir. İklim değişikliğinin güvenlikleştirilmesine ilişkin eleştirel literatür, bu alanın aşırı güvenlik diliyle ele alınmasının demokratik alanı daraltabileceğini, göç ve kırılgan toplumlar üzerinde dışlayıcı sonuçlar doğurabileceğini ve çevre sorunlarını askerî mantık içine çekebileceğini göstermektedir (Baysal & Karakaş, 2017). Bu açıdan AB'nin göreli farkı, iklimi güvenlik gündemine taşırken meseleyi esas olarak askerîleştirme yerine düzenleme, yönetişim, enerji dönüşümü ve çok taraflı koordinasyon ekseninde ele almaya çalışmasıdır. Yine de üye devletler arasındaki öncelik farklılıkları, enerji güvenliği ile iklim hedefleri arasındaki gerilimler ve jeopolitik krizlerin kısa vadeli baskıları, bu yaklaşımın etkisini sınırlandırabilmektedir. Dolayısıyla AB yeşil diplomasisi, tamamlanmış ve istikrarlı bir modelden ziyade, kurumsallaşmakta olan fakat çeşitli siyasal ve yapısal sınırlamalarla karşı karşıya bulunan bir güvenlik yönetişimi pratiği olarak değerlendirilmelidir (Hill, 1993).

Sonuç olarak AB yeşil diplomasisi, ayrışan dünyada sürdürülebilir güvenliğin nasıl düşünülmesi gerektiğine dair önemli bir örnek sunmaktadır. Bu çalışma, AB'yi yalnızca çevresel normlar ihraç eden bir aktör olarak değil; güvenliğin kapsamını dönüştüren ve güvenlik üretimini giderek daha fazla yönetişim, düzenleme, insani dayanıklılık ve kurumsal kapasite üzerinden kurgulayan bir uluslararası aktör olarak değerlendirmektedir. Bu yönüyle çalışma, AB dış politikası literatürüne iki düzeyde katkı sunmaktadır: ilk olarak, yeşil diplomasi ile güvenlik arasındaki bağı daha sistematik biçimde kurmakta; ikinci olarak, sürdürülebilir güvenliğin çevresel, insani ve yönetişimsel boyutlarını aynı analitik çerçeve içinde birleştirmektedir. Genişleyen güvenlik çalışmaları açısından ise temel katkı, iklim değişikliğinin güvenlik etkilerini yalnızca tehdit söylemi üzerinden değil, düzenleyici kapasite, çok taraflı koordinasyon ve önleyici yönetişim bağlamında tartışmaya açmasıdır. Bu nedenle AB yeşil diplomasisi, yalnızca çevre politikasının dışa vurumu değil, aynı zamanda çağdaş güvenlik anlayışının dönüşümünü yansıtan bir stratejik çerçeve olarak görülmelidir.

Kaynakça

Bach, D., & Newman, A. L. (2007). The European regulatory state and global public policy: Micro-institutions, macro-influence. *Journal of European Public Policy, 14*(6), 827–846. https://doi.org/10.1080/13501760701497659

Baysal, B., & Karakaş, U. (2017). Climate change and security: Different perceptions, different approaches. *Uluslararası İlişkiler, 14*(54), 21–44.

Bradford, A. (2020). *The Brussels effect: How the European Union rules the world*. Oxford University Press.

Council of the European Union. (2023). *Council conclusions on climate and energy diplomacy*.

Council of the European Union. (2024). *Council conclusions on green diplomacy*.

Dikaios, G. (2024). *EU climate diplomacy towards the IMO and ICAO*. Palgrave Macmillan.

European Commission. (2019). *The European Green Deal* (COM(2019) 640 final).

European Commission. (2022). *REPowerEU plan* (COM(2022) 230 final).

European Commission, & High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy. (2023). *A new outlook on the climate and security nexus: Addressing the impact of climate change and environmental degradation on peace, security and defence* (JOIN(2023) 19 final).

European External Action Service. (2025). *Green transition – EU green diplomacy*.

European Union. (2021). *Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality (European Climate Law)*.

Hill, C. (1993). The capability-expectations gap, or conceptualizing Europe's international role. *Journal of Common Market Studies, 31*(3), 305–328. https://doi.org/10.1111/j.1468-5965.1993.tb00466.x

Manners, I. (2002). Normative power Europe: A contradiction in terms? *Journal of Common Market Studies, 40*(2), 235–258. https://doi.org/10.1111/1468-5965.00353

Schunz, S. (2021). *The European Union's strategic turn in climate diplomacy: "Multiple bilateralism" with major emitters* (EU Diplomacy Paper 4/2021). College of Europe.

United Nations. (2023). *Secretary-General's report on climate, peace and security* (S/2023/79).

United Nations Climate Security Mechanism. (n.d.). *Climate security mechanism*.

Zwolski, K., & Kaunert, C. (2011). The EU and climate security: A case of successful norm entrepreneurship? *European Security, 20*(1), 21–43. https://doi.org/10.1080/09662839.2010.526108

PARAMEDİK ÖĞRENCİLERİNİN TERS YÜZ ÖĞRENMEYE İLİŞKİN BEKLENTİ VE ALGILARININ İNCELENMESİ: NİTEL ÇALIŞMA

Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KAYA[1]
Dr. Öğr. Üyesi Nida KIYICI[2]

Özet

Amaç: Ters yüz öğrenme bilgi aktarımının sınıf dışında teknoloji tarafından desteklendiği, sınıf ortamındaki öğrenmenin daha aktif hale gelmesini amaçlayan öğrenci merkezli teknolojiyle entegre hibrit öğrenme modelidir. Bu araştırmanın amacı İlk ve Acil Yardım Programı 1. ve 2. sınıf öğrencilerin tersyüz öğrenme modeline ilişkin beklenti ve algılarını belirlemektir.
Yöntem: Bu araştırma, bir devlet üniversitesinin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu İlk ve Acil Yardım Programı öğrencileri ile gerçekleştirildi. Örneklem grubu amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan benzeşik örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Veriler, 1. ve 2. sınıf paramedik öğrencilerden odak grup görüşmesi yoluyla elde edildi. Odak grup görüşmesinde 13 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanıldı.
Bulgular: Nitel verilerin analizi sonucunda; bilişsel algı, modele yönelik algısal avantajlar, bireysel sorumluluk ve etik yaklaşımlar, potansiyel riskler, mesleki motivasyon, gereksinimler olmak üzere 6 tema belirlendi.
Sonuç: Bu çalışmada ters yüz öğrenme modelinin **uygulamalı** önemli avantajlar sağlayacağı ancak modelin uygulama sürecinde; öğrenci öz-disiplininin dijital erişim ve fiziksel ekipmanın tersyüz öğrenme modelinde kritik birer belirleyici olduğu saptandı.

Anahtar Kelimeler: *Paramedik eğitimi, paramedik öğrenci, ters yüz öğrenme, nitelikli eğitim, odak grup görüşmesi*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, gulsah.kaya@yobu.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, nida.kiyici@yobu.edu.tr

Abstract

Aim: Flipped learning is a hybrid learning model integrated with technology, where information transfer is supported by technology outside the classroom, aiming to make classroom learning more active. The objective of this study is to determine the expectations and perceptions of 1st and 2nd year students in the First Aid and Emergency Program regarding the flipped learning model.
Method:This research was conducted under the supervision of the First and Emergency Aid Program of the Health Services Vocational School of a state university. The sample group was determined using the homologous application method, one of the purposeful application methods. Data were obtained by grouping them based on focus from 1st and 2nd year paramedic documents. A semi-structured interview formula consisting of 13 questions was recorded in the focus group interview.
Result: Analysis of qualitative data revealed six themes: cognitive perception, perceived advantages of the model, individual responsibility and ethical approaches, potential risks, professional motivation, and needs.
Conclusion: This study found that while the flipped learning model offers significant practical advantages, student self-discipline, digital access, and physical equipment are critical determinants in its implementation.

Keywords: Paramedic education, paramedic student, flipped learning, quality education, focus group interview

1.Giriş

Teknolojideki hızlı değişimler, bilgiye erişimi, bilginin yayılma hızını, ihtiyaç duyulan bilgiye ulaşılabilirliği kolaylaştırarak eğitim süreçlerini dönüşüme uğratmaktadır. Özellikle 21. yüzyılın "teknoloji çağı" olarak nitelendirilmesi, eğitim ortamlarının dijital araçlarla zenginleştirilmesini ve öğrenciyi merkeze alan yenilikçi yaklaşımların benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Geleneksel eğitim modellerinin, yetersiz kalması, araştırmacıları daha esnek ve etkileşimli modeller aramaya yöneltmiştir. Bunun sonucunda ortaya çıkan ve son yıllarda yükseköğretimde öne çıkan yaklaşımlardan birisi de "ters yüz öğrenme" (flipped learning) modelidir (Arslan, 2017: s.235-243; Karaca, 2016: s. 1172-1182). Ters yüz öğrenme, en genel tanımıyla, geleneksel ders ve ev ödevi yapısının yer değiştirdiği bir modeldir. Bu modelde temel teorik bilgiler ders öncesinde video, metin veya dijital materyaller aracılığıyla öğrenilirken sınıf içi zaman tartışma, problem çözme ve uygulama gibi üst düzey bilişsel becerilerin geliştirilmesine ayrılır. Bu doğrultuda ters yüz öğrenme modelinde temel beceri olan bilgi ve kavrama ders öncesi alana taşınırken, üst düzey beceriler olan uygulama, analiz, ve sentez eğitimci rehberliğinde sınıf içinde gerçekleştirilir. Bu yaklaşım, aynı zamanda esnek ortam, öğrenme kültürü, kasıtlı içerik ve profesyonel eğitimci (F-L-I-P) bileşenlerine dayanan pedagojik bir yaklaşımdır. Modelin modern anlamdaki temelleri 1990'larda Eric Mazur'un "akran öğretimi" çalışmalarıyla atılmıştır. Model 2000'lerin başında Bergmann ve Sams'in kimya derslerine katılamayan öğrenciler için video içeriği oluşturup internet ortamında öğrenciler ile paylaşması yoluyla gelişmiş 2007-2008 öğretim döneminde ters yüz öğrenme modelini uygulamaları modeli daha bilinir hale getirmiştir (Karaca, 2016: s.1172-1182).

Ters yüz öğrenme yaygınlaşmasıyla birlikte tıp, mühendislik ve sağlık bilimleri gibi pek çok disiplinde kullanılmaktadır. Ülkemizde Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Yükseköğretim Kurulu, **Millî Eğitim Bakanlığı** tarafından gerçekleştirilen projeler kapsamında ilkokul, lise, ön lisans ve lisans düzeyinde ters yüz öğrenme modelinin pilot uygulama örnekleri vardır. Ancak modelin Türkiye'deki örneklerinin hala çok yaygın olmadığını söylemek mümkündür (Hayırsever ve Orhan, 2018: s.572-596). Paramedik eğitimi, acil sağlık hizmetlerinin kritik bir parçası olarak öğrencilerin hem teorik bilgiyi hızla özümsemelerini hem de bu bilgiyi kriz anında hatasız bir şekilde uygulamalarını gerektiren yoğun bir süreçtir (Göllüce ve ark., 2017:1-9).

Acil müdahale süreçlerinin doğası gereği, İlk ve Acil Yardım Programı öğrencilerinin yaşam boyu öğrenme eğilimlerinin yüksek olması ve mezuniyet sonrası dönemde güncel tıbbi bilgi ve beceriyi takip edebilecek öz-düzenleme yetisine sahip olmaları elzemdir. Bu noktada ters yüz öğrenme modeli, paramedik öğrencilerinin ihtiyaç duyduğu aktif öğrenme ortamını sağlamada geleneksel yöntemlere göre avantajlar sağlayabilir. Geleneksel sınıflarda teorik anlatıma ayrılan sürenin, ters yüz öğrenme modelinde sınıf dışına taşınması; sınıf içindeki kısıtlı zamanın uygulama simülasyon maketleri üzerinde pratikleştirilmesine ve eğitici geri bildirimleriyle becerilerin profesyonelleştirilmesine olanak tanır. Özellikle "Z kuşağı" olarak tanımlanan günümüz öğrencilerinin yoğun teknoloji kullanımı ve görsele dayalı öğrenme tercihleri, ters yüz öğrenmenin İlk ve Acil Yardım Programında uygulanabilirliğini ve başarısını destekleyen unsurlar olarak ön plana çıkmaktadır. Konuya ilişkin literatürde ters yüz öğrenmenin akademik başarıyı, motivasyonu ve kalıcılığı artırdığına dair çalışma sonuçları mevcuttur (Akdeniz, 2019; Ök, 2019). İlk ve Acil Yardım Programı gibi teorik bilginin hızla pratik becerilere ve kritik karar verme süreçlerine dönüştürülmesi gereken alanlarda, ters yüz öğrenme modelinin sunduğu aktif öğrenme ortamı kritik öneme sahiptir. Geleceğin paramedikleri olan İlk ve Acil Yardım Programı öğrencilerinin ters yüz öğrenme modeli beklentilerinin ve bu sürece ilişkin algılarının nitel bir yaklaşımla incelenmesi, modelin uygulanabilirliği için belirleyici bir faktördür. Nitekim, teknolojik yeniliklerin etkili olabilmesi büyük ölçüde öğrencilerin bu yöntemi nasıl anlamlandırdıklarına ve sürece dair algılarına dayanmaktadır. Bu durum çalışmanın çıkış noktasını oluşturmuştur. Bu çalışmanın amacı, paramedik öğrencilerinin ters yüz öğrenme modeline ilişkin beklenti ve algılarını incelemektir. Öğrencilerin ters yüz öğrenme modeline dair görüşlerinin belirlenmesinin, dijital dönüşüm çerçevesinde paramedik eğitiminin yapılandırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Gereç ve Yöntem

2.1. Araştırmanın Türü

Bu araştırmada paramedik öğrencilerinin ters yüz öğrenme modeline ilişkin beklenti ve algılarını derinlemesine incelemek amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden fenomenolojik desen kullanılmıştır.

2.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zaman

Bu araştırma 01.05.2026-07.05.2026 tarihleri arasında bir üniversitenin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulunda İlk ve Acil Yardım Programında öğrenim görmekte olan öğrencilerin katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

2.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmada, konu hakkında detaylı bilgi elde etmeyi amaçlayan amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan benzeşik/homojen örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örneklem belirlenirken öğrencilerin "ters yüz öğrenme modelinin kuramsal çerçevesi hakkında genel bilgi sahibi olmaları" temel ölçüt olarak alınmıştır. Katılımcı sayısı, nitel araştırmalarda kabul edilen “veriye doyma” ilkesine göre belirlenmiştir. Görüşme yapılan her bir öğrenciye, farklı bir kod ismi atanmış ve analiz sürecinde öğrenciler bu kod isimler ile tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında 1. ve 2. sınıf İlk ve Acil Yardım Programı öğrencileri ile odak grup görüşmesi gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerde her bir oturuma 8 öğrenci katılmış ve bu katılımcılar O1/K1’den, O2/K8’e kadar kodlanmıştır. Araştırmaya toplamda 16 öğrenci dahil edilmiştir.

2.4. Verilerin Toplanması

Araştırma verileri, araştırmacı tarafından geliştirilen ve 13 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak toplanmıştır. Form öğrencilerin geleneksel eğitime yönelik eleştirilerini, ters yüz öğrenme modelinden akademik ve pratik beklentilerini, modele karşı varsa ön yargılarını ve bu modelin paramedik beceri eğitimine (TYD, vaka yönetimi vb.) nasıl entegre edilebileceğine dair görüşlerini kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır. İlgili literatür ve ters yüz öğrenme modelinin temel bileşenleri dikkate alınarak 18 sorudan oluşan taslak görüşme formu hazırlanmış ardından kapsam geçerliğini ve paramedik eğitimine uygunluğunu değerlendirmek amacıyla üç alan uzmanının görüşüne başvurulmuştur. Uzman görüşleri doğrultusunda soruların paramedik eğitiminin uygulama odaklı yapısıyla uyumu kontrol edilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Soruların anlaşılabilirliğini, çalışmanın amaca uygunluğunu test etmek amacıyla örnekleme dahil edilmeyen beş öğrenci ile ön görüşme yapılmıştır. Pilot uygulama sonucunda taslak formdaki soruların anlaşılırlığı teyit edilmiş ve forma son şekli verilmiştir. Öğrencilerin kendilerini rahat bir şekilde ifade edebilecekleri uygun fiziksel koşullara sahip bir toplantı odası hazırlanmıştır. Görüşmeden hemen önce katılımcılara, araştırmanın amacı, görüşme süreci ve ses kayıt cihazının hangi amaç için kullanılacağı, kayıtların asla üçüncü bir kişi ile paylaşılmayacağı ve öğrencilerinin bilgilerinin gizli tutulacağı konusunda açıklama yapılarak sözlü onamları alınmıştır. Odak grup görüşmelerinin birinci oturumu 75 dakika ikinci oturumu ise 85 dakika sürmüştür. İç geçerliği sağlamak amacıyla, odak grup görüşmelerinde ara ara katılımcıların söyledikleri tekrarlanarak ve özetlenerek, doğru anlaşılıp anlaşılmadıkları ile ilgili geri bildirimler alınmıştır. Odak grup görüşmeleri sırasında katılımcıların davranışları ve tepkileri, grup etkileşimi bağımsız bir gözlemci/raportör tarafından kayıda alınmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme formunda bulunan sorulara katılımcıların verdikleri cevaplar tekrar etmeye başladığında, veri doygunluğuna ulaşılmış ve görüşmeler sonlandırılmıştır.

2.5. Veri Toplama Aracı

***Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu*:** Form öğrencilerin ters yüz öğrenmeye ilişkin beklenti ve algılarını değerlendirebilmek amacıyla modelin İlk ve Acil Yardım Programı eğitiminde uygulanması halinde öğrenme süreci üzerindeki olası etkilerini, modelin uygulanabilirliğine, öğrenme sürecine, mesleki beceri gelişimine katkısını ve öğrenci motivasyonuna yönelik öğrencilerin algıladıkları avantajlar ve dezavantajları sorgulayan sorulardan oluşmaktadır. Odak grup görüşmesinde sorulan sorulardan bazıları şunlardır;

1. Ters yüz öğrenme modeli hakkında ne düşünüyorsunuz?
2. Paramedik eğitimini düşündüğünüzde ters yüz öğrenme modelinden beklentileriniz neler olur?
3. Sizce paramedik eğitiminde ters yüz öğrenme modeli uygulanırsa öğrenme süreciniz nasıl etkilenir?
4. Ters yüz öğrenme modelinin mesleki becerilerinize (örneğin acil müdahale, karar verme) katkı sağlayacağını düşünüyor musunuz? Nasıl katkı sağlayabilir? Açıklar mısınız?

5. Geleneksel ders anlatımı ile ters yüz öğrenme modelini karşılaştırdığınızda hangisini daha etkili bulursunuz? Neden?
6. Sizce paramedik eğitiminde hangi dersler için bu modelin kullanılması daha uygun olur?

2.6. Verilerin Analizi

Nitel veri analizinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri içerik analizi doğrultusunda bir kod şemasının oluşturulmasıdır. Bu çalışmada nitel verilerin incelenmesinde tümdengelim yöntemi ile içerik analizi yapılmıştır. İçerik analizi süreci görüşme verilerinin yazıya geçirilmesini, verilerin düzenlenmesini, anlamlı veri birimlerinin saptanmasını, analiz matriksi oluşturulmasını, analiz süreci ve sonuçların rapor edilmesini içermektedir (Kıral, 2020:s.170-189)Bu doğrultuda iki ayrı oturumda gerçekleştirilen odak grup görüşmeleri, araştırmacı tarafından herhangi bir değişiklik yapılmadan bilgisayarda yazılı hale getirilmiştir. Veriler dökümante edilirken, katılımcıların isimleri kullanılmamış, analizde kolaylık sağlaması amacıyla katılımcı kodları oluşturulmuş ve oturumlar numaralandırılmıştır. İki farklı oturumda gerçekleştirilen odak grup görüşmeleri 1-2, her bir oturumda bulunan katılımcılar ise 1-8 rakamları ile numaralandırılmıştır (örnek, birinci oturumda birinci katılımcının kodu; O.1/K.1). Nitel veri analizi aşamasında MAXQDA 2024 programı kullanılarak veri kodlaması yapılmıştır. Anlamlı olan ifadelere tanımlayıcı isimler/kodlar verilerek cümleler, düşünceler sentezlenmiştir. Tüm görüşme metinleri detaylı incelenerek benzer kodlar ilişkilendirilmiş ve bir araya getirilmiştir. Verilerin tamamı benzer şekilde kodlandıktan ve bir kod listesi oluşturulduktan sonra temalar ve alt temalar ortaya çıkarılmıştır. Veri güvenirliğini sağlamak amacıyla araştırmacılar dışında üçüncü bir öğretim üyesi tarafından bağımsız olarak kodlar ve temalar oluşturulmuştur. Daha sonra araştırmacılar tarafından kod-tema ilişkileri incelenerek temalar yeniden yapılandırılmıştır. Bu aşamadan sonra temalara ait kodlar, temalarla anlamlı bir bütün oluşturup oluşturmadığı (iç tutarlılık) yönünden alanında uzman 2 kişi tarafından değerlendirilerek öneriler doğrultusunda temalara son şekli verilmiştir.

2.7. Araştırmanın Etik Boyutu

Araştırmaya Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'nun (22.04.206/ Karar No:4/17) onayı alındıktan sonra başlanmıştır. Araştırma kapsamına alınan öğrencilerden sözlü bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

2.8. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmanın yalnızca bir üniversitenin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu İlk ve Acil Yardım Programı öğrencileri ile yürütülmüş olması bu çalışmanın sınırlılığıdır. Farklı üniversitelerde öğrenim gören öğrenciler üzerinde karşılaştırılabilir çalışmalar yapılıncaya kadar bu araştırmadan elde edilen bulgular tüm İlk ve Acil Yardım Programı öğrencilerine genellenememektedir.

3.Bulgular

Odak grup görüşmelerine katılan 16 öğrencinin yarı yapılandırılmış görüşme formundaki sorulara verdikleri cevaplar kodlanıp içerik analizi yapılarak, 6 tem ve 18 alt tema belirlenmiştir. Bu çalışmada ortaya çıkan temalar; bilişsel algı, modele yönelik algısal avantajlar, bireysel sorumluluk ve etik yaklaşımlar, potansiyel riskler, mesleki motivasyon ve gereksinimlerdir. Yapılan nitel analizler sonucunda katılımcıların ters yüz öğrenme (flipped learning) modeline ilişkin görüşleri altı ana tema altında toplanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 1.'de sistematik olarak sunulmuştur.

Tablo 1. Tema ve alt temalar

Ana Tema	Alt Temalar
1. **Bilişsel Algı**	1.1. Yenilik
	1.2. Gereklilik
	1.3. Karmaşıklık Kaygısı
2. **Modele Yönelik Algısal Avantajlar**	2.1. Zaman Yönetimi
	2.2. Akademik Katkı

	2.3. Bireysel Esneklik
3. **Bireysel Sorumluluk ve Etik Yaklaşımlar**	3.1. Öz-Disiplin ve İsteklilik
	3.2. Sorumsuzluk ve Direnç
	3.3. Zorunluluk ve Gönüllülük
4. **Potansiyel Riskler**	4.1. Sorumluluk ve Disiplin Kaygısı
	4.2. Dijital Erişimde Eşitsizlik
	4.3. Yanlış Öğrenme Riski
5. **Mesleki Motivasyon**	5.1. Beceri Gelişimi
	5.2. Özgüven ve Öğrenci Katılımı
	5.3. Psikolojik Hazırlık
6. **Gereksinimler**	6.1. Fiziksel Ekipman
	6.2. İçerik Tasarımı
	6.3. Uygulamalı Dersler

Tema 1: Bilişsel Algı

Katılımcılar, ters yüz öğrenme modelini başlangıçta geleneksel yöntemlerden kopma olarak değerlendirirken bu durumu yenilikçi ancak şaşırtıcı bir yenilik olarak değerlendirmişlerdir. Modelin eğitim süreçlerini daha etkili kılabileceğine dair güçlü bir "mantıklılık" algısı mevcut olsa da, alışılagelmişin dışındaki bir modelin başlangıç aşamasında "karmaşıklık kaygısı" yarattığı ifade edilmiştir. Katılımcıların bu konuya yönelik ifadeleri şu şekildedir.

"Yeni bir yöntem ama bilinen yöntemin, geleneksel yöntemin tam tersi olması biraz şaşırtıcı geliyor ya da alışılması zor olabilir." (O.1/K.2)
"Bence de olumlu ama biraz karmaşık bence ya. Yani bu süreç uzun gibi." (O.2/K.1)
"*Bence bizler için gerekli çünkü sağlık alanı bizim gibi sağlık öğrencileri uygulamaları yeni güncel bilgi gelişmelerini sürekli güncellemeli. Bilgiyi güncellememiz gerekli ... Bu noktada bu yöntemin bize katkı sağlayacağını düşünüyorum..."* (O.2/K.6)

Tema 2: Modele Yönelik Algısal Avantajlar

Modelin en güçlü yönünün zamanın verimli yönetilmesi olduğu bildirilmiştir. Teorik bilginin sınıf dışına taşınması, sınıf içi uygulamalara ayrılan süreyi artırarak akademik başarıyı ve bilginin kalıcılığını desteklemektedir…….. Ayrıca, materyallere bireysel hızda ve konfor alanında erişim imkanı (bireysel esneklik), öğrenci merkezli yaklaşımı güçlendiren bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Katılımcıların bu konuya yönelik ifadeleri şu şekildedir:

" Sınıf içi ortamda uygulamaya kalan vakit daha çok olduğu için öğrenciye avantaj sağlayacağını düşünüyorum." (O.1/K.3)
" Sınıf ortamında bazen unutulabilir ama video paylaşılırsa unutulduğunda kafası takıldığında izleyebilir, açıp tekrar edebilir." (O.2/ K.2)
‘’...Uygulama yönünden kendimizi maketlerle, model için hazırlanan materyallerle daha iyi geliştirirsek meslek hayatımızda çok daha etkili olacağını düşünüyorum.’’ (O.1/K.2)
"Kendi öğrenme sürecimizi kendimiz yöneteceğiz aslında. Ne kadar sürede anlayacağımıza biz karar vereceğiz.’’ (O.1/K.6)

Tema 3. Bireysel Sorumluluk ve Etik Yaklaşımlar:
Ters yüz öğrenmenin başarılı olması için öğrenci öz-disiplini ve mesleki motivasyonu kritik bir eşik olarak görülmektedir. Katılımcılar, sorumluluk bilinci düşük öğrencilerin sisteme direnç gösterebileceğini belirtmiş bu durumun önüne geçilmesi için materyal takibinin ve hazırlık sürecinin belirli düzeyde zorunluluk arz etmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Katılımcıların bu konuya yönelik ifadeleri şu şekildedir:

"Mesleği sevene ve isteyene göre çok kolay aslında... Ama mesleği istemeyerek yapılıyorsa... kesinlikle okunmaması gereken bir bölüm." (O.1/ K.4)

"Bu modelin zorunluluk haline getirilmesi gerektiğini kesinlikle ben düşünüyorum. Çünkü öğrenci sorumluluk sahibi olduğunu hissedecek." (O.2/ K.8)

"*Ders öncesi materyalleri düzenli takip etmek, hasta güvenliği açısından bilgi eksikliklerini azaltmamı sağlayacaktır. Ama bu yine de öğrenci sorumluluğuyla alakalı oluyor. Sorumsuz insan her zaman sorumsuzluk yapar yani eğilimlidir bu yöntem böyle bireylere yine bir şey katmayabilir ... Çok da zor değilki materyal bir video ise açtım der izlemez ben de yapıyorum bunu bazen ...yapmayan öğrenci var mıdır ki?..." (O.1/ K.1)*

Tema 4. Potansiyel Riskler:

Modelin uygulanabilirliğinin önündeki en büyük engelin dijital eşitsizlik ve etik olmayan öğrenci davranışları olduğu belirtilmiştir. Özellikle kırsal bölgelerdeki altyapı yetersizliği ve maddi imkansızlıkların eğitimde erişim eşitsizliği yaratabileceği ifade edilmiştir. Bununla birlikte, video materyallerin sadece izlemiş görünmek amacıyla açılarak içeriğin izlenmemesi ve videodaki bilginin yanlış yorumlanması (yanlış bilginin kalıcı hale gelmesi), öğrenciler açısından risk unsuru olarak görülmüştür. Katılımcıların bu konuya yönelik ifadeleri şu şekildedir:

"Herkes eşit şekilde ulaşamıyor internete sonuçta. Bilgisayarı olmayanlar ne yapsın? Bunların çözülmesi gerek. Bu durumda bir sorun yaşanacağını düşünüyorum." (O.1/ K.7)

"Sorumsuz bir insanı hani sen ne kadar zorunlu tutsan da o videoyu açıp bırakacak… Bilinçli bir şekilde izlemeyecek ki, izlemiş olmak için vakit geçirecek. Çok da anlamlı olacağını sanmıyorum ben." (O.2/ K.5)

Tema 5. Mesleki Motivasyon:

Özellikle uygulama odaklı sağlık branşlarında, teorik hazırlığın dersten önce tamamlanması öğrencilerin özgüvenini artırdığı ifade edilmiştir. Öğrenciler modelin uygulama beceri gelişimini hızlandıracağını ve kriz anında stres yönetimi ve soğukkanlılık gibi psikolojik becerileri olumlu yönde etkileyeceğini düşünmektedir. Katılımcıların bu konuya yönelik ifadeleri şu şekildedir:

"....Hocaların soru sorunca benim cevap vermem özgüvenimi tavan ediyordu yani o şekilde söyleyebilirim." (O.1/ K.8)

"...Pratiklik geliştiği için bence soğukkanlılığın da artacağını düşünüyorum... stres yönetimi diyebilir miyim buna ben? Evet, evet..." (O.2/ K.3)

Tema 6. Gereksinimler:

Modelin sürdürülebilirliği için içerik tasarımının mikro-öğrenme (kısa videolar) ve simülasyon desteği ile zenginleştirilmesi önerilmiştir. Ayrıca, okulun fiziksel altyapısının (maket, ambulans, ekipman, internet erişimi vb.) bu yoğun uygulama sürecini destekleyecek kapasitede olması modelin özellikle travma ve resüsitasyon gibi klinik karar verme becerisi gerektiren derslerde önceliklendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Katılımcıların bu konuya yönelik ifadeleri şu şekildedir:

"Ekran süremiz uzun olduğu için kısa videolar halinde olsa daha hoşuma gider benim. YouTube Shorts tarzında olabilir." (O.1/ K.4)

"Biz zaten maketimiz olmadığı için yapamıyoruz... Ekipmanların daha çok olması gerektiğini düşünüyorum. Ambulans zaten olmazsa olmaz. Bu programın ambulansa ihtiyacı tabiki var. Olmazsa olmaz şey aslında ambulans ." (O.2/ K.6)

4.Tartışma

Bu araştırmada paramedik öğrencilerinin ters yüz öğrenme modeline ilişkin beklenti ve algıları nitel yaklaşımla incelemiştir. Çalışma sonucunda elde edilen tema ve alt temalar literatürdeki çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Bilişsel algı temasında ters yüz öğrenme modeli öğrenciler tarafından geleneksel eğitimden farklı olması nedeniyle karmaşık olarak algılanması, yenilik ve gereklilik alt temaları, literatürdeki öğrenci direnci ve teknik yeterlilik bulgularıyla örtüşmektedir. Çalışma bulgularıyla uyumlu olarak, ters yüz öğrenmenin ilk aşamalarında öğrencilerin zorluk yaşayabileceği ve yöntemin teknik yeterlilik gerektirdiği bildirilmiştir (Akçayır

ve Akçayır, 2018:s 334-345). Ters yüz öğrenmenin ingilizce derslerinde uygulanmasına ilişkin bir çalışmada öğrencilerin ilk aşamada ters yüz öğrenme modelini zor olarak algıladıkları ancak süreç ilerledikçe modeli faydalarını buldukları tespit edilmiştir (Dizbay, 2022:s.29). Literatürde de vurgulandığı üzere, öğrencilerin ters yüz öğrenme modeline alışması zaman alabilmektedir (Tekin ve Ataş, 2018: s.44-61). Pasif dinleyici rolünün bu yöntemde değişmesi nedeniyle öğrencilerin karmaşıklık kaygısı yaşıyor olabilecekleri düşünülmektedir. Konuya ilişkin yapılan çalışmalarda ters yüz öğrenmenin öğrencilere kendi hızlarında öğrenme olanağı tanıdığı ve bunun akademik başarıya olumlu yansıdığı, zaman yönetimi ve akademik katkının ters yüz öğrenmenin en güçlü yönleri olduğu saptanmıştır (Chao ve ark., 2015:s.514-526; Cunningham, 2016:s.44-58; Galindo, 2014:s.82-83). Paramedik öğrenciler ile yapılan bir çalışmada, ters yüz öğrenme modeli ile verilen temel yaşam desteği eğitiminin öğrencilerin hem teorik hem de beceri puanlarını anlamlı düzeyde artırdığı tespit edilmiştir (Oğurlu ve ark., 2025:s.177-185).

Öğrencilerin öz disiplin eksikliği ve modele karşı algıladıkları direnç, ters yüz öğrenmenin uygulanmasındaki temel zorluklardan biridir. Öğrencilerin derse çalışarak gelme zorunluluğunu bir yük olarak görebildikleri ve bu durumun olumsuz tutumlara yol açabileceği belirtilmektedir (Herreid ve Schiller, 2013:s.62-66; Tekin ve Ataş, 2018: s.44-61). Modele karşı direnç gösteren öğrenciler geleneksel sistemin konfor alanından çıkmak istemiyor olabilir. Bu direnci kırmak için ders içi aktif öğrenme süreçleri (oyunlar, vaka analizleri) daha ilgi çekici hale getirilebilir. Paramedik öğrenciler tarafından bildirilen fiziksel altyapı yetersizliği ve dijital erişim sınırlılıkları uzaktan eğitimin yapısal sorunlarıyla doğrudan ilişkilidir. Teknolojik ekipman eksikliği ve internet erişim sorunları, ters yüz öğrenmenin en büyük dezavantajları arasında yer almaktadır (Gençer ve ark., 2014:s.881-888). Bu çalışmada ters yüz öğrenme materyallerindeki bilginin öğrenci temelinde yanlış anlaşılması bilgiyi yanlış öğrenme riski ve bilinçli bir şekilde derse gelmenin sınıf içi tartışmalara katılma isteği oluşturarak öğrencilerde özgüven artışı sağlayacağı bildirilmiştir. Çalışma bulgularıyla uyumlu olarak öğrencilerin ders öncesi hazırlık sürecinde anında dönüt alamamalarının bir karmaşa yaratabileceği (Tekin ve Ataş, 2018: s.44-61) ancak sınıf içi uygulamaların bu yanlışları düzeltme fırsatı sunacağı ve öğrencinin sınıf içinde aktif olmasının öğrencilerin özgüvenini artırdığı vurgulanmaktadır (Oğurlu ve ark., 2025: s.177-185). Öğrencilerin özgüveninin ve derse katılımlarının artması ters yüz öğrenmenin "yaparak öğrenme" felsefesiyle doğrudan ilişkilidir (Erden, 2022:s.84-89). Saniyelerle yarışılan ve kritik karar alma süreçlerini içeren paramedik mesleğinde, teorik bilginin sınıf dışına taşınmasıyla sınıfta kazanılan ek uygulama süresi, öğrencinin mesleki hazırlık düzeyini pekiştirmektedir. Oğurlu ve arkadaşları (2025), bu yöntemin paramedik öğrencilerinin Temel Yaşam Desteği uygulama becerisinde anlamlı bir artış sağladığını ve bu başarının öğrencilerin öz yeterlilik algılarını güçlendirdiğini belirtmiştir Buna karşın literatürde, modelin ilk aşamalarında öğrencilerin ders öncesi materyalleri takip etme zorunluluğu nedeniyle 'hazırlıksız gelme kaygısı' yaşayabildikleri de bildirilmektedir. Çalışmamızda ortaya çıkan 'direnç' ve 'sorumsuzluk' temaları bu bulguyu destekler niteliktedir. Ancak bu direnç, Oğurlu'nun (2025) çalışmasında vurgulanan olumlu beceri çıktılarıyla birlikte değerlendirildiğinde öğrencilere modelin somut kazanımlarının (daha fazla pratik imkanı) önceden açıklanmasının ve sınıf içi etkinliklerin vaka simülasyonlarıyla daha ilgi çekici hale getirilmesinin bir 'çözüm önerisi' olarak bu engelleri aşabileceği düşünülmektedir

Paramedik öğrenciler tarafından materyal içeriklerinin kısa olması yönündeki görüş ters yüz öğrenme modeline ilişkin bilgilerle uyumludur. Ters yüz öğrenme modelinde kullanılmak üzere hazırlanacak video içeriklerinin öğrenciyi sıkmamak adına 20-25 dakikayı geçmemesi önerilmektedir. (Lo ve Hew, 2017:s.1-22; Oğurlu ve ark., 2025: s.177-185). Ters yüz öğrenme modelinin her ders için uygun olmayacağı modelin özellikle travma, resüsitasyon ve ambulans donanımı gibi temel mesleki derslerde kullanılması yönündeki öğrenci görüşleri doğrultusunda uygulama dersleri alt teması belirlenmiş olup uygulama becerisi gerektiren derslerde ters yüz öğrenme modelinin başarı düzeyini yükselttiği literatür tarafından desteklenmektedir (Huang ve ark., 2020: s.302-309; Oğurlu ve ark., 2025: s.177-185, Zhu ve ark., 2018: s.333-336**).**

5.Sonuç ve Öneriler

Paramedik öğrencilerinin algıladıkları engeller ve risklerin ortadan kaldırılmasıyla öğrenciyi pasif dinleyici konumundan aktif konuma getiren ters yüz öğrenme modeli paramedik eğitiminde etkili bir strateji olarak değerlendirilebilir. Bu durumun, öğrencilerin mezuniyet sonrası sahaya hazır ve mesleki aidiyet duygusu gelişmiş bireyler olarak adım atmalarını kolaylaştırabileceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda paramedik eğitiminde ters yüz öğrenme modelinin uygulanabilmesi için;

- Çalışmanın daha büyük örneklem gruplarıyla nitel ve nicel yöntemle gerçekleştirilmesi
- Dijital erişimde fırsat eşitliğinin sağlanması,

- Klinik beceri kalıcılığı için paramedik eğitim laboratuvarlarında fiziksel ekipman desteğinin sağlanması ve
- Bilişsel karmaşıklığı azaltmak amacıyla konuya ilişkin pilot çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

Akçayır, G., & Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & education*, 126: 334-345.

Akdeniz, E. (2019). *Ters yüz sınıf modelinin akademik başarı, tutum ve kalıcılık üzerine etkisi* . Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Arslan, Ş. F. (2017). Paramedik öğrencilerde yaşam boyu öğrenme eğilimi. *Route Educational and Social Science Journal,* 4(8): 235-243.

Chao, C.Y., Chen, Y.T., ve Chuang, K.Y. (2015). Exploring students' learning attitude andachievement in flipped learning supported computer aided design curriculum: A study in high school engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(4): 514–526. https://doi.org/10.1002/cae.21622

Cunningham, U. (2016). Language pedagogy and non-transience in the flipped classroom. *Journal of Open, Flexible and Distance Learning*, 20(1): 44–58.

Galindo, I. (2014), Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day. By Jonathan Bergmann and Aaron Sams. Alexandria, Va.: The Association for Supervision and Curriculum Development, 2012. ix + 112 pages. ISBN 978-1-56484-315-9. $13.57..Teaching Theology & Religion, 17: 82-83.

Gençer, B. G., Gürbulak, N., & Adıgüzel, T. (2014). Eğitimde yeni bir süreç: Ters-yüz sınıf sistemi. *Uluslararası Öğretmen Eğitimi Konferansı*, *5*(6): 881-888

Göllüce, A., Avan, H., & Karsu, F. (2017). Öğrenci gözüyle paramedik mesleği. *Hastane Öncesi Dergisi*, *2*(1):1-9.

Dizbay, A. K. (2022). *Uzaktan eğitimde ters yüz öğrenme modelinin öğrenci erişisine etkisi ile model konusunda öğrenci görüşleri* Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Erden, D. (2022). Hemşirelik eğitiminde yenilikçi öğrenme yaklaşımı: Çevrimiçi ters yüz öğrenme. *Eurasian Journal of Health Sciences, 5*(3): 84-89.

Hayırsever, F., & Orhan, A. (2018). Ters yüz edilmiş öğrenme modelinin kuramsal analizi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2): 572-596.

Herreid, C. F., & Schiller, N. A. (2013). Case study: case studies and the flipped classroom. *Journal of college science teaching*, *42*(5): 62-66.

Huang, L. J., Fan, E., Hu, K. L., & Feng, S. (2020). Research and practice of flipped classroom in data structure. *Journal of Computers*, 31(5): 302-309

Karaca, C. (2016). Öğretim Teknolojilerinde Güncel Bir Yaklaşim: Ters Yüz Öğrenme. *Ankara: Pegem Akademi*.

Kıral, B. (2020). Nitel bir veri analizi yöntemi olarak doküman analizi. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *8*(15): 170-189.

Lo, C. K., & Hew, K. F. (2017). A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: Possible solutions and recommendations for future research. *Research and practice in technology enhanced learning*, *12*(1): s.1-22

Oğurlu, N., Türk, G., & Oğurlu, M. (2025). Ters Yüz Sınıf Öğretim Yönteminin Paramedik Öğrencilerinin Temel Yaşam Desteği Eğitimine İlişkin Bilgi ve Beceri Düzeylerine Etkisi: Randomize Kontrollü Bir Çalışma. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 10(2):177-185.

Ök, S. (2019). *Ters yüz öğrenme ortamlarında öğrencilerin akademik başarılarının ve öz-düzenleyici öğrenme becerilerinin araştırılması*, Balıkesir Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.

Tekin, P. Ş., & Ataş, A. H. (2018). Ters-Yüz Sınıf Yaklaşımıyla Tıbbi Terminoloji Öğretimine İlişkin Bir Durum Çalışması. *Hemşirelikte Araştırma Geliştirme Dergisi*, *20*(2/3):46-61.

Zhu, H., Yan, X. L., Shen, D. J., Zhang, S. N., & Huang, J. (2018). Application and exploration of micro-class combined with flipped classroom in cardiopulmonary resuscitation teaching for dental students. *Shanghai kou qiang yi xue= Shanghai journal of stomatology*, *27*(3): 333-336.

DERİN ÖĞRENMEDE KULLANILAN BUDAMA YÖNTEMLERİNİN YEŞİL YAPAY ZEKA KAPSAMINDAKİ ETKİSİ

THE IMPACT OF PRUNING METHODS USED IN DEEP LEARNING WITHIN THE SCOPE OF GREEN AI

Öğr. Gör. Anıl KUŞ[1]

Özet

Yapay zeka (YZ) teknolojilerinin hızlı gelişimi, özellikle Derin Öğrenme (DÖ) tabanlı modellerin yaygınlaşmasıyla birlikte yüksek hesaplama maliyetleri ve enerji tüketimi gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Bu durum, çevresel sürdürülebilirliği vurgulayan Yeşil YZ yaklaşımının önemini artırmıştır. Bu çalışmada, DÖ modellerinde yaygın olarak kullanılan budama yöntemlerinin doğruluk ve hesaplama verimliliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda, büyüklük tabanlı L1 budama ve rastgele budama yöntemleri; 3 farklı veri kümesi ve 2 farklı model üzerinde karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, L1 tabanlı budamanın doğruluk kaybını sınırlı tutarak daha dengeli bir performans sunduğunu, buna karşın rastgele budamanın özellikle karmaşık veri kümelerinde ciddi performans düşüşlerine yol açtığını göstermektedir. Ayrıca, parametre sayısındaki azalmaya rağmen çıkarım süresinde beklenen düzeyde iyileşme sağlanamadığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, budama yöntemlerinin her zaman doğrudan hesaplama verimliliği sağlamadığını ve tek başına Yeşil YZ hedeflerini karşılamak için yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile daha sürdürülebilir ve verimli YZ sistemlerinin geliştirilmesine yönelik önemli çıkarımlar sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Derin Öğrenme, Yeşil Yapay Zeka, MLP, CNN.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, anil.kus@bozok.edu.tr

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence (AI), particularly the widespread adoption of Deep Learning (DL) models, has led to significant challenges such as high computational cost and energy consumption. This has increased the importance of the Green AI paradigm, which emphasizes environmental sustainability. In this study, the effects of commonly used pruning methods in DL models on accuracy and computational efficiency are investigated. In this context, magnitude-based L1 pruning and random pruning methods are comparatively analyzed across three different datasets and two different models. The results show that L1-based pruning provides a more balanced performance by limiting accuracy loss, whereas random pruning leads to significant performance degradation, especially in complex datasets. In addition, despite the reduction in the number of parameters, the expected level of improvement in inference time could not be achieved. The findings indicate that pruning methods do not always provide direct computational efficiency and are not sufficient on their own to meet Green AI objectives. This study presents important insights for the development of more sustainable and efficient AI systems.

Keywords: *Deep Learning, Green AI, MLP, CNN.*

1. Giriş

Yapay Zeka (YZ) teknolojilerinin kullanımı son yıllarda ciddi bir biçimde artmıştır. Günlük hayatta özellikle Büyük Dil Modelleri (BDM) gibi içerisinde Derin Öğrenme(DÖ) algoritmaları barındıran uygulamalar sıkça kullanılmaktadır. Yazılım tarafında ise, YZ algoritmaları kullanılarak üretilen program sayısı her geçen gün hızla artmaktadır. Bu durum YZ uygulamalarının enerji sarfiyatını yukarı çıkarırken, çevreye verdiği zararı da endişe verici seviyeye getirmiştir. YZ teknolojilerinin çevresel maliyetleri, yalnızca enerji tüketimini değil, aynı zamanda elektronik atık sorunlarını, veri merkezlerinin soğutulması için kullanılan su miktarını ve sera gazı emisyonlarını da içermektedir (Turan vd., 2025: s.80). Örneğin, popüler ChatGPT gibi BDM'ler, temel olarak GPT-4 modeli olan yüksek enerji gereksinimleri nedeniyle bu eğilimi daha da kötüleştirmektedir. GPT-3'ün 500 milyar kelimeden oluşan bir veri tabanında eğitilmesi için 10.000 bilgisayar çipi ve 1287 megavat saat elektrik gerekmektedir. Bu, ABD'de yaklaşık 121 evin yıllık enerji tüketimine eşdeğer sayılmaktadır (Patterson vd., 2022: s.20).

Yeşil YZ yaklaşımı, çevresel sürdürülebilirliği desteklemek ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için YZ'nin kullanılmasını içermektedir. Bu kavram, YZ'nin diğer sektörlerdeki yeşil dönüşümü hızlandırmak ve daha verimli algoritmalar ve donanımlar kullanarak kendi enerji ayak izini azaltmak için bir araç olarak kullanılması anlamına gelmektedir (Bayram vd., 2024: s.15).

Bu çalışmada, farklı veri kümeleri ve DÖ model mimarileri üzerinde magnitude (büyüklük) tabanlı (L1) ve rastgele budama yöntemlerinin doğruluk ve hesaplama verimliliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın amacı, bu budama yöntemlerinin model performansı ve verimlilik açısından nasıl bir denge sunduğunu analiz etmek ve Yeşil YZ perspektifinde değerlendirilebilecek daha etkili yaklaşımlar için bir temel oluşturmaktır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde, Yeşil YZ alanındaki benzer literatür çalışmaları incelenmiş ve mevcut yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde, kullanılan veri kümeleri, model mimarileri ile birlikte L1 ve rastgele budama yöntemlerinin uygulanma süreci detaylı olarak açıklanmıştır. Bu kapsamda, eğitim süreci, budama stratejileri ve performans değerlendirme metrikleri tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde, gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen bulgular sunulmuş; doğruluk, çıkarım süresi ve model karmaşıklığı açısından elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Beşinci bölümde ise elde edilen bulgular tartışılmış, çalışmanın sınırlılıkları ele alınmış ve Yeşil YZ bağlamında gelecekte yapılabilecek çalışmalar için öneriler sunularak çalışma sonuçlandırılmıştır.

2. Literatür İncelemesi

DÖ modellerinin artan başarısı, beraberinde yüksek hesaplama maliyeti ve enerji tüketimi gibi önemli sorunları da gündeme getirmiştir. Bu bağlamda, model performansını korurken hesaplama verimliliğini artırmayı amaçlayan yaklaşımlar, özellikle Yeşil YZ çerçevesinde yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Literatürde bu doğrultuda geliştirilen yöntemler arasında model budama, nicemleme (quantization) ve bilgi damıtma (knowledge distillation) gibi model sıkıştırma teknikleri öne çıkmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir kısmı, model karmaşıklığını azaltarak hem bellek kullanımını hem de çıkarım süresini düşürmeyi hedeflemektedir. Ancak, mevcut literatür incelendiğinde bu yöntemlerin her zaman beklenen verimlilik kazanımlarını sağlamadığı ve farklı veri kümeleri ile model mimarilerinde değişken performans sergilediği görülmektedir. Bu nedenle, Yeşil YZ perspektifinde bu yaklaşımların doğruluk–verimlilik dengesi açısından sistematik olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Tablo 1. Literatürdeki Çalışmalar

Yazar(lar)	Konu	Yıl	Kullanılan Yöntemler
Şanlialp, İ. & Yıldız, M.	Sistem çağrısı verilerinde derin öğrenme ile anomali tespiti ve enerji verimliliği analizi	2025	Derin öğrenme tabanlı anomali tespit modelleri, performans ve enerji tüketimi karşılaştırması, model değerlendirme metrikleri
Delikanlı, N. E.	Arıtma tesislerinde yapay zekâ ile enerji verimliliği ve süreç iyileştirme	2025	Makine öğrenmesi ve yapay zekâ tabanlı modeller, süreç

			optimizasyon teknikleri, enerji verimliliği analizi
Tammana et al.	**Green AI için enerji verimli model budama yöntemleri (survey)**	**2024**	**Budama, model sıkıştırma tekniklerinin karşılaştırmalı analizi**
Barbierato et al.	**Green AI metodolojisi ve literatür incelemesi**	**2022**	**Literatür taraması, Green AI yöntemlerinin sınıflandırılması**
Bolón-Canedo et al.	**BERT model sıkıştırma (Green AI yaklaşımı)**	**2024**	**Persistent homology, model compression**
Liang et al.	**Derin sinir ağlarında pruning ve quantization**	**2021**	**Budama, nicemleme, hızlandırma teknikleri**
Xu et al.	**Green Deep Learning genel yaklaşımı**	**2021**	**Model sıkıştırma, enerji verimliliği analizi, survey**

Şanlialp ve Yıldız (2025), sistem çağrısı verileri üzerinde DÖ mimarileri kullanarak anomali tespitini incelemiş ve bu süreçte model performansı ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Çalışmada, farklı DÖ modellerinin enerji tüketimleri karşılaştırılmış ve yüksek performans elde edilirken enerji verimliliğinin nasıl optimize edilebileceği analiz edilmiştir. Ayrıca, model seçimi ve mimari tercihlerinin enerji tüketimi üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmıştır.

Delikanlı (2025), YZ ve makine öğrenmesi tekniklerini arıtma tesisleri özelinde ele alarak enerji verimliliği ve süreç iyileştirme potansiyelini incelemiştir. Çalışmada, YZ tabanlı modellerin süreç optimizasyonuna katkı sağladığı ve enerji tüketimini azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, bu tür sistemlerin uygulanmasının operasyonel verimliliği artırdığı ve sürdürülebilirlik açısından önemli kazanımlar sağladığı ifade edilmiştir.

Tammana ve arkadaşları (2024), Yeşil YZ kapsamında enerji verimliliğini artırmaya yönelik model optimizasyon tekniklerini incelemiş ve özellikle budama yöntemlerinin hesaplama maliyetleri üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Çalışmada, DÖ modellerinin gereksiz parametrelerinin sistematik olarak azaltılmasıyla hem bellek kullanımının hem de çıkarım süresinin düşürülebileceği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, farklı budama oranlarının model doğruluğu üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve agresif budama işlemlerinin performans kaybına yol açabileceği gösterilmiştir.

Barbierato ve arkadaşları (2024), Yeşil YZ kavramını kapsamlı bir literatür taraması ile ele alarak bu alandaki temel yöntemleri sınıflandırmıştır. Çalışmada, enerji tüketimini azaltmaya yönelik yaklaşımlar; model sadeleştirme, donanım optimizasyonu ve algoritmik iyileştirmeler olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir. Ayrıca, literatürdeki çalışmaların çoğunlukla doğruluk odaklı olduğu, ancak enerji verimliliği perspektifinin yeterince dikkate alınmadığı vurgulanmıştır.

Bolón-Canedo ve arkadaşları (2024), Yeşil YZ kapsamında model sıkıştırma yaklaşımlarını ele alan kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirmiştir. Çalışmada, DÖ modellerinin enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanılan budama, nicemleme ve bilgi damıtma gibi teknikler incelenmiş ve bu yöntemlerin sürdürülebilir yapay zekâ açısından önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, model verimliliğini artırmaya yönelik bazı ileri matematiksel yaklaşımlara da değinilerek, gelecekte daha teorik temelli yöntemlerin bu alanda kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Liang ve arkadaşları (2021), derin sinir ağlarında budama ve nicemleme tekniklerinin birlikte kullanımını inceleyerek model hızlandırma üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Çalışmada, parametre sayısının azaltılmasının yanı sıra sayısal hassasiyetin düşürülmesiyle hesaplama maliyetinin önemli ölçüde azaltılabileceği gösterilmiştir. Bununla birlikte, bu iki yöntemin birlikte kullanımının dikkatli yapılması gerektiği, aksi takdirde model doğruluğunda ciddi kayıplar yaşanabileceği belirtilmiştir.

Xu ve arkadaşları (2021), Yeşil DÖ yaklaşımı çerçevesinde model sıkıştırma, enerji verimliliği ve hesaplama optimizasyonu konularını kapsamlı bir şekilde ele almıştır. Çalışmada, özellikle DÖ modellerinin eğitim ve çıkarım süreçlerinde yüksek enerji tüketimine neden olduğu vurgulanmış ve bu soruna yönelik çeşitli çözüm önerileri sunulmuştur. Ayrıca, model budama, bilgi damıtma ve donanım uyumlu optimizasyon yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla daha sürdürülebilir YZ sistemlerinin geliştirilebileceği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada, literatürde yer alan mevcut yaklaşımlardan farklı olarak budama yöntemlerinin etkisi yalnızca tek bir model ve veri kümesi üzerinde değil, birden fazla veri kümesi (MNIST, Fashion-MNIST, CIFAR-10) ve farklı model mimarileri (MLP ve CNN) üzerinde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Literatürdeki çalışmaların önemli bir kısmı genellikle teorik analizler veya sınırlı deneysel ortamlar üzerinden ilerlerken, bu çalışmada L1 tabanlı ve rastgele budama yöntemleri doğrudan deneysel olarak karşılaştırılmış ve doğruluk–verimlilik dengesi birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, literatürde sıkça vurgulanan budama tekniklerinin her zaman belirgin bir verimlilik artışı sağlamadığını göstermekte ve bazı durumlarda doğruluk kayıplarına rağmen süre/enerji kazanımlarının sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, Green AI literatürüne, budama yöntemlerinin farklı senaryolardaki etkilerini daha geniş bir perspektiften ele alarak katkı sağlamaktadır.

3. Metodoloji

Bu çalışmada, DÖ modellerinde budama yöntemlerinin doğruluk ve hesaplama verimliliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla deneysel bir yaklaşım benimsenmiştir. Çalışma kapsamında farklı veri kümeleri, model mimarileri ve budama yönyemleri kullanılarak karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma, PyTorch kütüphanesi kullanılarak, Colab uygulaması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tüm deneyler, mümkün olduğunda GPU üzerinde; aksi durumda CPU üzerinde yürütülmüştür. Çalışma Github platformunda https://github.com/anilkus adresinde, yayın ile aynı başlıkla yer alan depoda (repository) açık kaynaklı olarak paylaşılmıştır.

3.1. Veri Kümesi ve Kullanılan Derin Öğrenme Yöntemleri

Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan görsel veri setlerinden MNIST, Fashion-MNIST ve CIFAR-10 seçilmiştir. Bu veri kümeleri, farklı zorluk seviyeleri ve veri dağılımları sayesinde model genelleme performansını değerlendirmek için uygun bir test ortamı sağlamaktadır.

Çalışmada iki farklı derin öğrenme mimarisi kullanılmıştır. Tercih edilen DÖ yöntemleri çok katmanlı algılayıcı (MLP) ve evrişimsel sinir ağı (CNN) olarak belirlenmiştir. MLP modeli tamamen bağlantılı katmanlardan oluşurken, CNN modeli görsel verilerde özellik çıkarımı yapabilen evrişim ve havuzlama katmanlarını içermektedir. Bu modellerin seçilmesindeki amaç, budama yöntemlerinin farklı mimariler üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. DÖ modellerinin bu tür karşılaştırmalı analizleri, literatürde de sıklıkla tercih edilen bir yaklaşımdır (Alzubaidi vd., 2021: s.10).

Model eğitimi sırasında çapraz entropi kaybı kullanılmış ve optimizasyon işlemi Adam algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Adam optimizasyonu, adaptif öğrenme oranı mekanizması sayesinde DÖ modellerinde yaygın olarak tercih edilen etkili bir yöntem olarak bilinmektedir (Kingma & Ba, 2015). Eğitim süreci kısa tutulmuş ve temel performans farklarının ortaya konulması hedeflenmiştir.

Budama aşamasında L1 budama ve rastgele budama olmak üzere iki farklı yöntem uygulanmıştır. L1 budama, ağırlıkların mutlak değerlerine göre en küçük katkıya sahip olan parametrelerin sistemden çıkarılması prensibine dayanmakta ve literatürde etkili bir sıkıştırma yöntemi olarak kabul edilmektedir (LeCun et al., 1990; Han et al., 2015). Rastgele budama ise herhangi bir öncelik sıralaması olmaksızın ağırlıkların rastgele seçilerek sıfırlanmasını ifade etmekte ve karşılaştırma amacıyla referans bir yöntem olarak kullanılmıştır. Ayrıca tabloda baseline olarak belirtilen, hiçbir budama uygulanmamış referans modelde performans kıyaslamasında değerlendirilmiştir. Budama oranı %70 olarak belirlenmiş ve bu oran tüm modeller için sabit tutulmuştur.

3.2 Değerlendirme Yöntemi

Model performansı değerlendirilirken doğruluk (accuracy) metriği temel alınmıştır. Bunun yanı sıra, çıkarım süresi ölçülerek hesaplama verimliliği değerlendirilmiştir. Zaman ölçümü, modelin test veri kümesi üzerinde çoklu geçişler (10 iterasyon) yapılarak ortalama performansın daha güvenilir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Bu

yaklaşım, literatürde önerilen güvenilir performans değerlendirme yöntemleriyle uyumludur (Alzubaidi vd., 2021: s.45).

Son olarak, deneyler sırasında model parametre sayıları da kaydedilmiş ve budama işleminin model karmaşıklığı üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Bu sayede çalışma, yalnızca doğruluk değil aynı zamanda model boyutu ve hesaplama maliyeti açısından da kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır.

4. Bulgular

Bu çalışmada farklı veri kümeleri ve model mimarileri üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda, budama yöntemlerinin doğruluk ve hesaplama verimliliği üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, L1 tabanlı budama ile rastgele budama yöntemlerinin performans açısından önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Sonuçlar

Veri Kümesi	Model	Yöntem	Metrik(Accuracy)	Zaman	Parametreler
MNIST	MLP	baseline	94.76	13.05	535,818
MNIST	MLP	l1	94.24	12.75	535,818
MNIST	MLP	random	87.72	13.45	535,818
MNIST	CNN	baseline	97.95	25.50	206,922
MNIST	CNN	l1	96.43	25.76	206,922
MNIST	CNN	random	36.37	25.56	206,922
FashionMNIST	MLP	baseline	84.58	12.47	535,818
FashionMNIST	MLP	l1	84.85	12.51	535,818
FashionMNIST	MLP	random	80.74	12.66	535,818
FashionMNIST	CNN	baseline	85.37	26.64	206,922
FashionMNIST	CNN	l1	75.25	26.53	206,922
FashionMNIST	CNN	random	54.81	25.56	206,922
CIFAR-10	MLP	baseline	47.84	17.21	1,707,274
CIFAR-10	MLP	l1	45.96	16.47	1,707,274
CIFAR-10	MLP	random	38.41	17.30	1,707,274
CIFAR-10	CNN	baseline	53.65	36.26	268,650
CIFAR-10	CNN	l1	50.65	35.01	268,650
CIFAR-10	CNN	random	18.31	33.58	268,650

Tablo 2'de görüldüğü üzere, MNIST veri kümesi üzerinde yapılan deneylerde, hem MLP hem de CNN modelleri yüksek doğruluk değerlerine ulaşmıştır. MLP modelinde L1 budama sonrasında doğruluk değerinde yalnızca küçük bir düşüş gözlemlenirken, rastgele budama yönteminin doğruluk üzerinde daha belirgin bir olumsuz etki yarattığı görülmüştür. CNN modelinde ise benzer şekilde L1 budama, doğruluk kaybını sınırlı tutarken rastgele budama ciddi performans düşüşüne neden olmuştur. Bu durum, önemli ağırlıkların korunmasının model performansı açısından kritik olduğunu göstermektedir.

Fashion-MNIST veri kümesinde yapılan analizlerde, MLP modeli için L1 budama yönteminin doğruluk üzerinde hafif bir iyileşme dahi sağlayabildiği gözlemlenmiştir. Buna karşın, CNN modelinde L1 budama doğrulukta belirgin bir düşüşe neden olurken, rastgele budama yöntemi her iki modelde de daha düşük performans değerleri

üretmiştir. Bu sonuçlar, veri kümesinin karmaşıklığının artmasıyla budama yöntemlerinin etkisinin daha belirgin hale geldiğini göstermektedir.

CIFAR-10 veri kümesi üzerinde elde edilen sonuçlar ise budama yöntemlerinin en zorlayıcı koşullardaki etkisini ortaya koymaktadır. Bu veri kümesinde, hem MLP hem de CNN modellerinde doğruluk değerlerinin genel olarak düşük olduğu ve budama işlemlerinin bu performansı daha da etkilediği gözlemlenmiştir. Özellikle rastgele budama yöntemi, CNN modelinde ciddi bir doğruluk kaybına neden olmuş ve modelin öğrenme kapasitesini önemli ölçüde düşürmüştür. Buna karşılık, L1 budama yöntemi daha dengeli bir performans sergilemiş ancak yine de belirli bir doğruluk kaybı kaçınılmaz olmuştur.

Zaman bazlı değerlendirmeler incelendiğinde, budama işlemlerinin çıkarım süresi üzerinde beklenen ölçüde güçlü bir iyileşme sağlamadığı görülmüştür. Özellikle CNN modellerinde çıkarım süresindeki değişim oldukça sınırlı kalmış, bu da budama işleminin her zaman doğrudan hesaplama verimliliği sağlamadığını göstermektedir. Buna rağmen, bazı senaryolarda küçük ölçekli hız kazanımları elde edilmiştir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular L1 budamanın rastgele budamaya kıyasla daha dengeli bir performans sunduğunu, ancak budama işlemlerinin her zaman doğruluk kaybını minimize ederken verimlilik açısından belirgin kazanımlar sağlamadığını göstermektedir. Bu durum, Yeşil YZ hedefleri doğrultusunda daha gelişmiş ve adaptif yöntemlere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada elde edilen bulgular, derin öğrenme modellerinde kullanılan budama yöntemlerinin her zaman beklenen doğruluk–verimlilik dengesini sağlamadığını ortaya koymaktadır. Literatürde Yeşil YZ kapsamında sıklıkla önerilen budama yaklaşımlarının hesaplama maliyetini azaltabileceği ifade edilse de, bu etkinin veri kümesi, model mimarisi ve uygulanan budama stratejisine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Özellikle rastgele budama yönteminin doğruluk üzerinde belirgin kayıplara yol açtığı, buna karşın L1 tabanlı budamanın daha dengeli sonuçlar sunduğu gözlemlenmiştir.

Bununla birlikte, budama işlemlerinin çıkarım süresi üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu ve bu nedenle tek başına yeterli bir Yeşil YZ çözümü oluşturmadığı anlaşılmaktadır. Veri kümesi karmaşıklığı arttıkça budama yöntemlerinin performans üzerindeki etkisi daha belirgin hale gelmiş, özellikle CIFAR-10 gibi daha zorlu veri kümelerinde doğruluk kayıpları artmıştır. Bu durum, model mimarisi ile budama stratejisi arasındaki uyumun kritik önemini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, budama yöntemlerinin Yeşil YZ hedeflerine katkı sağlayabileceği ancak tek başına yeterli olmadığı görülmektedir. Gelecek çalışmalarda, budama yöntemlerinin nicemleme, bilgi damıtma ve donanım seviyesinde optimizasyon teknikleri ile birlikte hibrit bir şekilde ele alınması önerilmektedir. Ayrıca, uyum gücü yüksek ve veri kümesine duyarlı budama yöntemlerinin geliştirilmesi, doğruluk–verimlilik dengesinin daha etkin sağlanmasına katkı sağlayabilir. Bu çalışma, daha sürdürülebilir ve verimli YZ sistemlerinin geliştirilmesi açısından gelecekteki araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Barbierato, E. ve Gatti, A. (2024). "Toward green AI: A methodological survey of the scientific literature". IEEE Access, 12: 23989-24013.

Bayram, A., Gözkonan, Ü. ve Hatipoğlu, İ. (2024). "Yeşil Yapay Zeka Yaklaşımına İlişkin Literatür İncelemesi".

Bolón-Canedo, V., Morán-Fernández, L., Cancela, B. ve Alonso-Betanzos, A. (2024). "A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future". Neurocomputing, 599: 128096. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128096.

Delikanlı, N. E. (2025). Yapay Zekâ Ve Makine Öğrenmesi İle Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliği Ve Süreç İyileştirme Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Akıllı Sistemler Dergisi, 4(1), 42-54.

Han, S., Pool, J., Tran, J. ve Dally, W. J. (2015). "Learning both weights and connections for efficient neural networks". Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), 28: 1135-1143.

Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. arXiv preprint arXiv:1412.6980.

LeCun, Y., Denker, J. S. ve Solla, S. A. (1990). "Optimal brain damage". Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), 2: 598-605.

Liang, T., Glossner, J., Wang, L., Shi, S. ve Zhang, X. (2021). "Pruning and quantization for deep neural network acceleration: A survey". Neurocomputing, 461: 370-403.

Patterson, D., Gonzalez, J., Holzle, U., Le, Q., Liang, C., Munguia, L. M., Rothchild, D., So, D. R., Texier, M. ve Dean, J. (2022). "The carbon footprint of machine learning training will plateau, then shrink". Computer, 55(7): 18-28. https://doi.org/10.1109/MC.2022.3148714.

Şanlialp, İ. ve Yıldız, M. (2025). "Sistem çağrısı verilerinde derin öğrenme mimarileri kullanılarak anomali tespitinin değerlendirilmesi: Performans ve enerji verimliliği".

Tammana, J., Ayed, E. B., Fourati, R., Gogate, M., Arslan, T., Hussain, A. ve Ayed, M. B. (2024). "Pruning deep neural networks for green energy-efficient models: A survey". Cognitive Computation, 16(6): 2931-2952.

Turan, T., Turan, G. ve Kırbaş, İ. (2025). "Yapay zekanın çevresel ayak izi: Enerji, su ve elektronik atık üzerine çok yönlü bir analiz". Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi, 7(2): 78-89. https://doi.org/10.70669/ijedt.1612846

Xu, J., Zhou, W., Fu, Z., Zhou, H. ve Li, L. (2021). "A survey on green deep learning". arXiv preprint, arXiv:2111.05193.

ЦИФРОВОЙ ГУМАНИЗМ: МЕЖДУ АПОЛОГИЕЙ И КРИТИКОЙ ФИЛОСОФСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

DIGITAL HUMANISM: BETWEEN APOLOGY AND CRITICISM OF A PHILOSOPHICAL CONCEPT

Doç. Dr. Bakıt MURZARAİMOV[1]
Cıldız OSMONOVA[2]

Аннотация

В статье рассматривается концепция цифрового гуманизма как одного из актуальных направлений современной философии и философии технологий. Анализируются основные теоретические основания цифрового гуманизма, его связь с классической гуманистической традицией и современными процессами цифровой трансформации общества. Особое внимание уделяется дискуссии между апологетами и критиками данной концепции. Сторонники цифрового гуманизма рассматривают его как способ сохранения центральной роли человека в условиях технологического прогресса. В то же время критики указывают на ряд противоречий, связанных с ростом цифрового контроля, угрозой приватности и усилением социального неравенства. Делается вывод о том, что цифровой гуманизм представляет собой важную философскую модель осмысления цифровой эпохи, однако требует дальнейшего теоретического развития и практического воплощения.

Ключевые слова: цифровой гуманизм, цифровое общество, философия технологий, цифровая этика, искусственный интеллект, гуманистические ценности.

[1] Türkiye Manas Universitesi, bakit.murzaraimov@manas.edu.kg
[2] İ. Arabayev Devlet Universitesi, osmonovaj807@gmail.com

Abstract

The article examines the concept of digital humanism as one of the significant philosophical approaches to understanding the transformation of modern society under the influence of digital technologies. The study analyzes the theoretical foundations of digital humanism and its relationship with the classical humanistic tradition. Particular attention is paid to the discussion between supporters and critics of this concept. Proponents of digital humanism argue that technological development should be oriented toward protecting human dignity, freedom and fundamental rights. At the same time, critics emphasize the risks associated with digital surveillance, loss of privacy and the growth of social inequality in the digital environment. The article concludes that digital humanism represents an important philosophical attempt to rethink the role of human beings in the digital age, although the concept still faces theoretical and practical challenges.

Keywords: digital humanism, digital society, philosophy of technology, digital ethics, artificial intelligence, human values.

Введение

Современное общество переживает глубокие трансформации, связанные с развитием цифровых технологий. Интернет, искусственный интеллект, автоматизация производства и обработка больших данных существенно изменяют экономические, политические и культурные процессы. В этих условиях особую актуальность приобретает вопрос о месте человека в цифровой реальности. Цифровая трансформация не только открывает новые возможности для развития общества, но и создает новые вызовы. Возникают проблемы защиты персональных данных, обеспечения цифровой безопасности, сохранения человеческой автономии и предотвращения технологического неравенства.

В связи с этим в философии и социальной теории формируется новая концепция – **цифровой гуманизм**. Она представляет собой попытку интегрировать гуманистические ценности в процесс технологического развития. Основная идея заключается в том, что технологии должны служить человеку и способствовать развитию человеческой личности. Однако вокруг данной темы ведутся активные научные дискуссии. С одной стороны, она рассматривается как новая гуманистическая парадигма, а с другой – ряд исследователей подвергает её критике, указывая на противоречия между идеалами гуманизма и реальной практикой. Целью данной статьи является философский анализ этой концепции и рассмотрение аргументов её сторонников и критиков.

Доступность и глобализация.

Цифровые технологии, такие как онлайн-платформы и электронные библиотеки, значительно расширяют доступ к знаниям. Это способствует формированию глобального образовательного пространства и повышению интеллектуального уровня общества.Антропоцентрический подход: Согласно принципам цифрового гуманизма, технологии в обучении должны рассматриваться не как автономная сила, а как инструмент, предназначенный для служения интересам учащегося и педагога. Это означает, что цифровизация не должна заменять живое общение, а призвана способствовать развитию человеческой личности.Моральные ценности и этика: Особое значение приобретает цифровая этика, которая рассматривает ответственность разработчиков и пользователей образовательных технологий. В процессе обучения важно ориентироваться на защиту человеческого достоинства, свободы и фундаментальных прав.

Теоретические основания цифрового гуманизма

Цифровой гуманизм формируется на пересечении философии, социологии, этики и теории технологий. Его идейные корни восходят к традициям европейского гуманизма эпохи Возрождения. Современные исследования показывают, что ИТ-технологии существенно влияют на формирование новой социальной реальности и трансформацию человеческой идентичности. Данная проблема рассматривается в контексте теории информационного общества и цифровой антропологии.

- М. Кастельс рассматривает идентичность как динамический процесс конструирования смыслов социальным субъектом. По его мнению, через этот процесс актор узнает себя на основе определенных культурных свойств.
- З. Бауман характеризует современное общество как состояние «текучей современности», где традиционные формы идентичности утрачивают устойчивость.
- В условиях цифровой коммуникации формируется новый тип субъекта – **Homo Digitals**. Виртуальная среда позволяет индивиду свободно формировать собственную идентичность, используя различные символы и роли.

Согласно принципу антропоцентризма, технологии должны рассматриваться как инструмент для служения человеческим интересам. Это требует этического и социального контроля над развитием цифровых систем. Важным направлением является **цифровая этика**, которая рассматривает алгоритмическую справедливость и защиту персональных данных.

Цифровая этика и проблема ответственности искусственного интеллекта

В рамках цифрового гуманизма центральное место занимает вопрос об этических границах применения систем искусственного интеллекта (ИИ). Переход от человека как единственного субъекта принятия решений к алгоритмическим системам ставит перед обществом серьезный экзистенциальный вызов. Цифровая этика в данном контексте выступает не просто как набор правил, а как необходимый предохранитель, обеспечивающий сохранение человеческой автономии.

Основные этические дилеммы ИИ:

Проблема «чёрного ящика» (Black Box Problem)

Одной из ключевых этических и философских проблем современной искусственной интеллектуальной системы является так называемая **проблема «чёрного ящика»**. Современные алгоритмы, особенно системы глубокого обучения, основаны на чрезвычайно сложных математических моделях, включающих миллионы параметров и взаимосвязей. В результате процесс принятия решений такими системами часто оказывается непрозрачным не только для пользователей, но даже для самих разработчиков.

Суть проблемы заключается в том, что алгоритм может выдавать точный или статистически обоснованный результат, однако логика, лежащая в основе этого решения, остается скрытой. Это вызывает серьёзные вопросы в тех областях, где от решений алгоритмов зависит судьба человека. Например, системы искусственного интеллекта уже используются в медицинской диагностике, кредитном скоринге, системах безопасности и даже в судебной практике. Если алгоритм принимает решение о диагнозе, уровне риска или степени вины, но не способен объяснить, каким образом был получен этот вывод, возникает проблема доверия и легитимности таких решений.

В рамках концепции **цифрового гуманизма** особое значение приобретает принцип **объяснимости (explainability)**. Согласно этому принципу, человек должен иметь возможность понять, каким образом алгоритм пришёл к определённому выводу. Это означает, что системы искусственного интеллекта должны проектироваться таким образом, чтобы их решения могли быть интерпретированы и проверены человеком.

Отсутствие прозрачности может привести к концентрации технологической власти в руках крупных корпораций и разработчиков, обладающих доступом к алгоритмам и данным. Поэтому многие исследователи считают, что развитие объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI) является необходимым условием этически приемлемого использования цифровых технологий в обществе.

2. Алгоритмическая предвзятость (Algorithmic Bias)

Другой важной проблемой цифровой эпохи является **алгоритмическая предвзятость**. Искусственный интеллект обучается на больших массивах данных, созданных людьми и отражающих существующие социальные структуры, культурные установки и исторические неравенства. Вследствие этого алгоритмы могут непреднамеренно воспроизводить и усиливать социальные предрассудки.

Например, исследования показали, что некоторые системы распознавания лиц демонстрируют более высокий уровень ошибок при идентификации представителей определённых этнических групп. Аналогичным образом алгоритмы, используемые в системах подбора персонала, могут отдавать предпочтение кандидатам определённого пола или социального происхождения, если обучающие данные отражают подобные тенденции прошлого.

Алгоритмическая предвзятость представляет собой серьёзную угрозу принципам социальной справедливости и равенства возможностей. Технологические системы могут казаться объективными и нейтральными, однако на практике они нередко воспроизводят те же формы дискриминации, которые существуют в обществе.

С точки зрения **цифрового гуманизма**, борьба с дискриминацией в алгоритмах является не только технической, но и моральной задачей. Это предполагает необходимость разработки этических стандартов проектирования алгоритмов, проведения регулярных проверок алгоритмических решений и обеспечения разнообразия данных, используемых для обучения искусственного интеллекта.

3. Проблема распределения ответственности

Ещё одной фундаментальной проблемой цифровой этики является вопрос **распределения ответственности за действия искусственного интеллекта**. В традиционной этике ответственность за последствия действий обычно возлагается на конкретного человека — субъекта, обладающего намерением и способностью принимать решения. Однако в цифровую эпоху ситуация становится значительно сложнее.

Современные технологические системы создаются и функционируют в рамках сложных сетей взаимодействия между программистами, инженерами, корпорациями, государственными институтами и пользователями. Когда система искусственного интеллекта допускает ошибку или причиняет вред, возникает вопрос: кто должен нести ответственность за последствия?

Например, если автономный автомобиль становится причиной аварии, ответственность может быть распределена между разработчиками программного обеспечения, производителем автомобиля, владельцем транспортного средства или даже поставщиками данных, на основе которых обучалась система. Подобные ситуации демонстрируют, что традиционные юридические и этические категории оказываются недостаточными для анализа новых технологических реалий.

В рамках цифрового гуманизма предлагается формирование новых правовых и философских подходов к распределению ответственности. Речь идёт о разработке механизмов **коллективной и институциональной ответственности**, а также о создании нормативных систем, регулирующих использование искусственного интеллекта. Такие подходы должны обеспечивать баланс между инновационным развитием технологий и защитой прав и свобод человека.

Принцип «Human-in-the-loop»:

Одной из фундаментальных идей цифрового гуманизма является концепция «человека в цикле». Она подразумевает, что окончательное решение, имеющее моральные или жизненно важные последствия, всегда должно оставаться за человеком. Технологии должны дополнять человеческий интеллект (Augmented Intelligence), а не замещать его волевые и этические функции.

Таким образом, развитие ИИ должно сопровождаться строгим этическим аудитом. Цифровой гуманизм предлагает рассматривать этику не как препятствие для инноваций, а как фундамент для устойчивого и безопасного технологического будущего, где технологии развиваются в гармонии с правами и достоинством личности.

Апологетика цифрового гуманизма

Сторонники концепции рассматривают её как основу для регулирования технологического прогресса. Основные аргументы апологетов включают:

- Цифровые технологии значительно расширяют возможности человека.
- Они обеспечивают быстрый доступ к информации и способствуют развитию образования и науки.
- В медицине системы ИИ позволяют повышать точность диагностики и качество услуг.
- Технологии становятся важным инструментом гуманистического развития общества.

Критика концепции цифрового гуманизма

Несмотря на оптимизм, данная концепция подвергается критике за несоответствие идеалов реальности. Основные проблемы:

1. **Цифровой контроль:** Сбор данных государством и корпорациями угрожает приватности и личной свободе.
2. **Цифровое неравенство:** Доступ к ресурсам остается неравномерным, что ведет к новому социальному расслоению.
3. **Алгоритмическое управление:** Алгоритмы способны манипулировать информацией и ослаблять демократические процессы.

Цифровой гуманизм в сфере образования и формирование моральных ценностей

В условиях глобальной цифровизации сфера образования становится одной из главных площадок реализации принципов цифрового гуманизма. Технологическое развитие радикально изменяет условия существования человека, формируя новые формы коммуникации и социальной организации. В этом контексте образование перестает быть просто процессом передачи знаний и превращается в пространство формирования новой цифровой идентичности.

Трансформация человеческой идентичности

Цифровая реальность влияет на способы самопонимания и самоидентификации человека. Согласно теории сетевого общества М. Кастельса, ИТ-технологии становятся ключевым фактором развития.

- Э. Гидденс видит идентичность как результат рефлексивного процесса переосмысления жизненного опыта.
- Ж. Бодрийяр указывает на господство знаков и образов, формирующих состояние гиперреальности.
- И. Гоффман сравнивает социальную жизнь с театром, где в цифровой среде театральность усиливается за счет экспериментов с самопрезентацией.

В рамках **постгуманизма** человек рассматривается не как автономный центр, а как элемент системы взаимодействия с технологиями. Н. Кэтрин Хейлз отмечает формирование гибридных форм существования человека и машины.

Заключение

Таким образом, анализ концепции цифрового гуманизма показывает, что она представляет собой одну из наиболее значимых философских попыток осмысления трансформаций современного общества в условиях стремительного развития цифровых технологий. Цифровая эпоха радикально меняет способы коммуникации, формы социальной организации и механизмы формирования человеческой идентичности. В этих условиях возникает необходимость выработки новых философских и этических ориентиров, способных обеспечить гармоничное сосуществование человека и технологий.

Цифровой гуманизм стремится сохранить центральную роль человека в технологической цивилизации, подчеркивая приоритет человеческого достоинства, свободы и ответственности. Его ключевые принципы — антропоцентризм, этическое регулирование технологий, прозрачность алгоритмических систем и сохранение человеческого контроля над цифровыми процессами. Эти идеи становятся особенно актуальными в контексте развития искусственного интеллекта, алгоритмического управления и глобальных цифровых платформ. В то же время критический анализ показывает, что между нормативными идеалами цифрового гуманизма и реальной практикой цифровой трансформации существует определённое противоречие. Усиление цифрового контроля, концентрация технологической власти в руках крупных корпораций, проблемы алгоритмической предвзятости и рост цифрового неравенства свидетельствуют о необходимости дальнейшего развития данной концепции. Эти вызовы требуют формирования эффективных международных правовых механизмов регулирования цифровой среды, а также внедрения принципов цифровой этики в процессы разработки и использования технологий.

Особую роль в реализации идей цифрового гуманизма играет система образования, которая должна не только адаптироваться к новым технологическим условиям, но и формировать у человека критическое мышление, цифровую культуру и моральную ответственность за использование технологий. Именно образование становится ключевым пространством, где возможно гармоничное соединение гуманистических ценностей и технологического прогресса.

В целом можно заключить, что цифровой гуманизм является важной философской парадигмой современности, направленной на поиск баланса между инновационным развитием технологий и сохранением гуманистических оснований человеческой цивилизации. Дальнейшее исследование данной концепции предполагает развитие междисциплинарного диалога между философией, социальными науками, правом и информационными технологиями, что позволит сформировать более устойчивую и этически ориентированную модель цифрового общества.

Список литературы

Бауман З. **Текучая современность.** — Москва: Питер, 2008.Berger P., Luckmann T. **The Social Construction of Reality.** — New York: Anchor Books, 1995.

Baudrillard J. **Simulacra and Simulation.** — Michigan: University of Michigan Press, 2015.

Castells M. **The Rise of the Network Society.** — Oxford: Blackwell, 2010.

Coeckelbergh M. **AI Ethics.** — Cambridge: MIT Press, 2020.

Fredkin E. **An Introduction to Digital Philosophy.** — 2003.

Floridi L. **The Ethics of Information.** — Oxford: Oxford University Press, 2013.

Giddens A. **Modernity and Self-Identity.** — Stanford: Stanford University Press, 1991.

Goffman E. **The Presentation of Self in Everyday Life.** — New York: Anchor Books, 2000.

Hassan I. **Prometheus as Performer: Toward a Posthumanist Culture?** — 1977.

Hayles N. K. **How We Became Posthuman.** — Chicago: University of Chicago Press, 2010.

Jameson F. **Postmodernism, or the Cultural Logic of Late Capitalism.** — Durham: Duke University Press, 1991.

Кастельс М. **Информационная эпоха: экономика, общество и культура.** — Москва: ГУ ВШЭ, 2016.

Флориди Л. **Этика информации.** — Москва: Логос, 2019.

Чернавин Ю.А. **Цифровая идентичность личности в условиях информационного общества.** — 2022

DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKÂ PERSPEKTİFİNDE ENDÜSTRİYEL IOT GÜVENLİĞİ: KARARLILIK DUYARLI BAYESYEN OPTİMİZASYON YAKLAŞIMI

INDUSTRIAL IOT SECURITY IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION AND AI: A STABILITY-AWARE BAYESIAN OPTIMIZATION APPROACH

Sabir HALİL[1]

Özet

Endüstriyel IoT (E-IoT) ağları; enerji, imalat, lojistik ve kritik altyapı sektörlerinde operasyonel ortamları temelden dönüştürerek benzeri görülmemiş düzeyde cihaz etkileşimi ve gerçek zamanlı veri alışverişi sağlamıştır. Ancak bu dönüşüm, geleneksel imza tabanlı saldırı tespit mekanizmalarının ölçeklenebilir şekilde ele almakta yetersiz kaldığı, önemli ölçüde genişlemiş ve heterojen bir saldırı yüzeyini de beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak, makine öğrenmesi tabanlı Saldırı Tespit Sistemleri (STS), gelişen tehdit ortamlarına uyum sağlayabilen ve veriye dayalı tespit yetenekleri sunan, modern E-IoT güvenlik çerçevelerinin zorunlu bir mimari bileşeni haline gelmiştir.Bu makale, özellik seçimi ve sınıflandırıcı hiperparametrelerini birleşik bir arama uzayında ortaklaşa optimize eden, kararlılık duyarlı bir Bayesyen Optimizasyon çerçevesi önermektedir. Önerilen çerçeve; sınıflandırma performansını ödüllendiren, özellik artıklığını (redundancy) cezalandıran, hesaplama maliyetini kısıtlayan ve çapraz doğrulama varyansını minimize eden çok amaçlı bir uygunluk (fitness) fonksiyonu tarafından yönlendirilmektedir. Deneyler; UNSW Canberra'daki gerçekçi bir E-IoT test yatağından (IoT sensörleri, MQTT protokol altyapısı ve bulut-uç mimarileri içeren) toplanan TON_IoT ağ veri seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üç adet güncel ağaç tabanlı sınıflandırıcı değerlendirilmiştir: Random Forest (Rastgele Orman), XGBoost ve LightGBM. LightGBM; 949 özellikten 446'sını kullanarak (%53 boyut indirgeme) ve iki dakikadan kısa bir toplam optimizasyon süresinde %99,87 doğruluk, %99,81 Makro-F1 ve 0,9963 MCC değerlerine ulaşarak en yüksek performansı sergilemiştir.

Anahtar Kelimeler: E-IoT güvenliği, Bayesyen optimizasyon, özellik seçimi, saldırı tespiti, hiperparametre optimizasyonu

[1] Kayseri Üniversitesi, sabir47halil@gmail.com

Abstract

Industrial IoT networks have fundamentally transformed operational environments across energy, manufacturing, logistics, and critical infrastructure sectors, enabling unprecedented levels of device interconnectivity and real-time data exchange. This transformation, however, introduces a substantially expanded and heterogeneous attack surface that conventional signature-based intrusion detection mechanisms are ill-equipped to address at scale. Machine learning-based Intrusion Detection Systems have consequently emerged as a necessary architectural component in modern IIoT security frameworks, offering adaptive, data-driven detection capabilities that generalize across evolving threat landscapes.

This paper proposes a stability-aware Bayesian Optimization framework that jointly optimizes feature selection and classifier hyperparameters within a unified search space, guided by a multi-objective fitness function that simultaneously rewards classification performance, penalizes feature redundancy, constrains computational overhead, and minimizes cross-validation variance. Experiments were conducted on the TON_IoT network dataset, collected from a realistic IIoT testbed at UNSW Canberra incorporating IoT sensors, MQTT protocol infrastructure, and cloud-edge architectures. Three state-of-the-art tree-based classifiers were evaluated: Random Forest, XGBoost, and LightGBM. LightGBM achieved the highest performance, attaining 99.87% accuracy, 99.81% Macro-F1, and an MCC of 0.9963 while operating on 446 of 949 available features, representing a 53% dimensionality reduction accomplished in under two minutes of total optimization time.

Keywords: IIoT security, Bayesian optimization, feature selection, intrusion detection, hyperparameter optimization

1. Giriş

Kritik altyapı sektörlerinde Endüstriyel IoT cihazlarının yaygınlaşması, kurumsal ağların topolojisini temelden değiştirmiştir. Akıllı sensörler, programlanabilir mantık denetleyicileri, uç ağ geçitleri ve bulut bağlantılı aktüatörler artık sıkı bir şekilde entegre edilmiş siber-fiziksel mimariler içinde çalışmaktadır; bu entegrasyon operasyonel avantajlar sağlarken, aynı zamanda saldırganların DoS saldırıları, komut enjeksiyonu, fidye yazılımı konuşlandırması ve protokol düzeyinde manipülasyon yoluyla istismar edebileceği çok katmanlı bir saldırı yüzeyi oluşturmaktadır (Moustafa, 2021). E-IoT ortamlarında başarılı bir siber saldırının sonuçları veri ihlalinin çok ötesine geçer; üretim kesintilerini, fiziksel varlık hasarını ve güvenlik açısından kritik ortamlarda insan operatörlere yönelik doğrudan riskleri kapsamaktadır. Geleneksel imza tabanlı tespit sistemlerinin bu tehdit ortamı için yetersiz olduğu kanıtlanmıştır. Bu sistemlerin bilinen saldırı kalıplarına olan bağımlılığı, onları yeni saldırı vektörlerine karşı yapısal olarak kör bırakmakta ve E-IoT trafiğine özgü davranışsal sapmalara uyum sağlayamamaları, bu sistemleri birincil savunma mekanizması olarak giderek kullanışsız hale getirmektedir (Agbedanu ve ark., 2025). Makine öğrenmesi tabanlı Saldırı Tespit Sistemleri, kalıp eşleştirme yerine istatistiksel genelleme yoluyla bu sınırlamaları aşmakta ve daha önce görülmemiş saldırı morfolojilerine karşı duyarlı kalan, ağ davranışının yüksek boyutlu özellik temsilcileri üzerinde karar sınırları inşa etmektedir. Yine de, ML tabanlı STS'lerin gerçek üretim E-IoT ortamlarında konuşlandırılması, akademik karşılaştırmalı testlerin genellikle göz ardı ettiği bir dizi mühendislik kısıtlamasını ortaya çıkarmaktadır. Ağ trafiği veri setleri, özellikle kategorik kodlamadan sonra rutin olarak yüzlerce özellik boyutuna ulaşmaktadır. Bu boyutların çoğu istatistiksel olarak artıktır ve halihazırda kodlanmış özelliklerin ötesinde ayırt edici bir sinyal taşımazlar. Bunları korumak; model karmaşıklığını artırır, çıkarım gecikmesini yükseltir ve aşırı öğrenmeye karşı duyarlılığı artırır; bunların tümü, bellek, hesaplama döngüleri ve yeniden eğitim aralıklarının sıkı bir şekilde sınırlandığı kaynak kısıtlı uç cihaz dağıtımlarında kritik öneme sahiptir (Diab ve ark., 2025). Bu sorunu çözmek özellik seçimi gerektirir; ancak standart boru hattı tasarımı, özellik seçimi ve hiperparametre ayarlamasını bağımsız ve ardışık süreçler olarak ele almaktadır. Bu ardışık işlem temel bir bağımlılık sorunu yaratır: Herhangi bir sınıflandırıcı için optimal hiperparametre yapılandırması, üzerinde çalıştığı özellik alt kümesine bağlıdır; aynı şekilde bir özellik alt kümesinin değeri de model mimarisine ve düzenlileştirme parametrelerine bağlıdır. Bu iki bileşenin birbirinden ayrı optimize edilmesi, her iki boyutta da eş zamanlı olarak optimal olmayan çözümler üretilmesine neden olur (Binder ve ark., 2020). Birleşik bir arama uzayında ortak optimizasyon, bu yapısal sınırlamanın ilkeli çözümüdür. Bu makale, ortak optimizasyonu, çapraz doğrulama performans varyansını açıkça cezalandıran kararlılık duyarlı bir hedef formülasyonu ile genişletmektedir. Çapraz doğrulama katları arasında yüksek ortalama performans gösteren ancak katlar arası sapması büyük olan bir yapılandırma, tutarlı ve öngörülebilir davranış sergileyen bir yapılandırmaya göre daha az güvenilirdir. Bu ayrım, trafik dağılımlarının zamana bağlı olarak değiştiği ve tespit hatası maliyetinin asimetrik olduğu E-IoT ortamlarında operasyonel açıdan anlamlıdır. Bu çalışmanın katkıları dört yönlüdür. Birincisi, Optuna'nın TPE örnekleyicisi kullanılarak Bayesyen Optimizasyon ile ortak bir özellik seçimi ve hiperparametre optimizasyonu çerçevesi oluşturulmuştur. İkincisi; sınıflandırma performansı, özellik ekonomisi, hesaplama maliyeti ve tahmin tutarlılığını eş zamanlı olarak değerlendiren çok bileşenli, kararlılık duyarlı bir uygunluk fonksiyonu tanıtılmıştır. Üçüncüsü, üç farklı ağaç tabanlı sınıflandırıcı kullanılarak TON_IoT ağ veri seti üzerinde kapsamlı deneysel değerlendirmeler yapılmıştır. Dördüncüsü, kodlanmış özellik uzayının yaklaşık %50'sinin, Makro-F1 skorunda 0,001'den daha az bir etkiyle elenebileceğine dair ampirik kanıtlar sunulmuştur; bu bulgu, hafif sıklet E-IoT güvenlik sistemi tasarımı için doğrudan çıkarımlara sahiptir.

2. İlgili Çalışmalar

2.1. E-IoT Saldırı Tespiti için Makine Öğrenmesi

Topluluk ağaç tabanlı yöntemler; hesaplama verimliliği, özellik ölçeği duyarlılığına direnç ve yorumlanabilir karar yapıları nedeniyle tablo verisi niteliğindeki ağ trafiği sınıflandırma görevlerinde derin öğrenme mimarilerine kıyasla sürekli olarak üstün performans göstermiştir. Random Forest, XGBoost ve LightGBM, kamuya açık STS veri setlerinde yaygın olarak doğrulanmıştır; LightGBM'in histogram tabanlı gradyan artırımı, E-IoT trafiğine özgü yüksek boyutlu ve yüksek hacimli ortamlarda özel avantajlar sunar (Ismail ve ark., 2025). UNSW Canberra IoT Laboratuvarı'nda geliştirilen TON_IoT veri seti, bu alandaki en güvenilir karşılaştırmalı değerlendirme setlerinden biridir. Sentetik veri setlerinin aksine bu set; Modbus sensörleri, MQTT aracıları, sanal makineler, bulut platformları ve endüstriyel kontrol sistemlerini içeren işlevsel bir test yatağından üretilmiş olup normal trafiği ve dokuz saldırı kategorisini gerçekçi ağ koşullarında yakalamıştır (Moustafa, 2021). Bu çalışmada birincil

değerlendirme kriteri olarak benimsenmesi, STS araştırmalarını gerçek üretim koşullarını yansıtan yüksek doğruluklu verilere dayandırmanın önemini yansıtmaktadır. Bayesyen Optimizasyon, STS hiperparametre ayarlamasına uygulanmış olup Kunang ve ark. (2020), IoT sınıflandırma görevlerinde ayarlanmamış baz hatlarına kıyasla tutarlı doğruluk kazanımları elde edildiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, Bayesyen Optimizasyonu; özellikle deneme başına değerlendirme maliyetinin yüksek olduğu STS yapılandırmalarında, ızgara arama (grid search) ve rastgele aramaya (random search) güçlü bir alternatif olarak konumlandırmaktadır.

2.2. Ortak Optimizasyon ve Kararlılık Boyutu

Özellik alt kümeleri ile model hiperparametreleri arasındaki karşılıklı bağımlılık, AutoML literatüründe titizlikle tanımlanmıştır. Binder ve ark. (2020), özellik seçimi ve hiperparametre yapılandırmasının ortak çok amaçlı optimizasyonunun, ardışık süreçlere göre daha kompakt ve genellenebilir çözümler ürettiğini göstermiştir. Model seçiminin kararlılık boyutu (çapraz doğrulama katları arasındaki Makro-F1 standart sapması), E-IoT güvenliği literatüründe nispeten az ilgi görmüştür. Katlar arasında yüksek performans varyansı sergileyen modeller, azımsanamayacak bir dağıtım riski taşır: Görülmemiş trafik üzerindeki genelleme davranışları daha az öngörülebilirdir ve yanlış negatif oranlarının asimetrik sonuçlar doğurduğu güvenlik bağlamlarında öngörülebilirlik ikincil bir konu değildir. Bu varyansın doğrudan optimizasyon hedefine dahil edilmesi, bu boşluğu dolduran metodolojik bir katkıdır

3. Metodoloji

3.1. Veri Seti ve Deneysel Yapılandırma

Tüm deneyler, UNSW Canberra IoT Laboratuvarı'ndan toplanan TON_IoT ağ trafiği veri seti üzerinde yürütülmüştür (Moustafa, 2021). Veri seti; normal çalışma koşulları ve dokuz saldırı kategorisi altında bağlantı düzeyi istatistiklerini, DNS etkinliği meta verilerini, HTTP davranış göstergelerini ve ağ anomali imzalarını yakalamaktadır.

Tablo 1. Deneysel Yapılandırma

Bileşen	**Değer**
Veri kümesi	TON_IoT Network (UNSW Canberra)
One-hot kodlama sonrası toplam özellik sayısı	949
Katmanlı alt örneklem	80.000 kayıt
Eğitim / Test ayrımı	%80 / %20 (katmanlı)
İç Çapraz Doğrulama Katları	3 (Stratified K-Fold)
Model başına BO denemesi	20
BO Örnekleyicisi	TPE (Optuna)
Özellik cezası ağırlığı	0,5
Hesaplama maliyeti ağırlığı	0,10
Kararlılık cezası ağırlığı	0,10
Rastgelelik tohumu	42

3.2. Önişleme

Kaynak/hedef IP adresleri ve zaman damgaları gibi genel bir sinyal taşımayan tanımlayıcı sütunlar, yapay ezberleme riskini önlemek için kaldırılmıştır. Protokol türü, hizmet sınıflandırması ve HTTP yöntemi gibi tüm kategorik özelliklere, pd.get_dummies (drop_first = False) ile one-hot kodlama uygulanmıştır. Sıralı olmayan değişkenler için etiket kodlama (label encoding), ağaç algoritmalarında sistematik yanlılığa yol açabileceği için reddedilmiştir. Kodlama işleminden sonra ham 43 özelliklik temsil, 949 boyuta genişlemiştir. Boş değerler satır dışlama yoluyla temizlenmiş ve veri sızıntısını önlemek için yinelenen kayıtlar kaldırılmıştır. Hesaplama maliyetini yönetilebilir tutmak adına, sınıf oranlarını koruyan 80.000 kayıtlık katmanlı bir alt örneklem kullanılmıştır.

3.3. Kararlılık Duyarlı Uygunluk Fonksiyonu

Optimizasyon arama uzayı iki bileşeni aynı anda kodlar: 949 boyutlu bir ikili özellik seçim maskesi ve modele özgü bir hiperparametre vektörü. İkili maske formülasyonu, yumuşak ağırlıklandırma yerine kesin seçim kararlarını zorunlu kılar. Kararlılık duyarlı uygunluk fonksiyonu şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\text{Skor} = (\bar{F1}_{macro} + \bar{MCC})\text{-}(0.15 \times r_{feat})\text{-}(0.10 \times c_{norm})\text{-}(0.10 \times \sigma_{F1}) (1)$$

Burada $\bar{F1}_{macro}$ ve $\bar{MCC}$, ortalama skorları; r_{feat}, seçilen özellik oranını; c_{norm}, normalize edilmiş hesaplama süresini ve σ_{F1}, kararlılık cezası terimi olan standart sapmayı temsil eder. σ_{F1}'in dahil edilmesi, bu formülasyonu standart ortak optimizasyon hedeflerinden ayırarak, sadece ortalamada optimal olan değil, veri bölümleri arasında tutarlı performans gösteren yapılandırmaları teşvik eder.

3.4. Sınıflandırıcılar ve Hiperparametre Arama Uzayları

Üç sınıflandırıcı değerlendirilmiştir: Random Forest (Breiman, 2001), XGBoost (Chen ve Guestrin, 2016) ve LightGBM (Ke ve ark., 2017). Bu modeller, topluluk ağaç paradigmasının yapısal olarak farklı gerçekleşmeleridir. Random Forest, bağımsız olarak büyütülen ağaçlar üzerinden bootstrap agregasyonu kullanarak varyans azaltma sağlar. XGBoost, yaprak ağırlığını kontrol eden düzenlileştirme terimleriyle seviye bazlı gradyan artırımı kullanır. LightGBM, büyük ölçekte verimlilik sağlayan histogram tabanlı özellik kutulama (binning) ile yaprak bazlı bir büyüme stratejisi izler. Arama uzayları; tahminci sayısı, maksimum derinlik, öğrenme oranı ve alt örnekleme oranlarını kapsamıştır. Ağaç tabanlı modeller, yerleşik uygulama gereği ölçeklendirilmemiş özellikler üzerinde değerlendirilmiştir.

4. Sonuçlar ve Analiz

4.1. BO ile Optimize Edilmiş Modellerin Performansı

Tablo 2, optimizasyon sonrası tam test seti değerlendirme sonuçlarını sunmaktadır. LightGBM; %99,87 doğruluk, %99,81 Makro-F1 ve 0,9963 MCC değerlerine ulaşırken, 446 özellik seçmiş ve süreci 98,9 saniyede tamamlayarak üstün performans göstermiştir. XGBoost, %99,82 doğrulukla rekabetçi sonuçlar üretmiş ancak LightGBM'den 3,8 kat daha fazla hesaplama yükü gerektirmiştir. Random Forest; %99,73 doğrulukla, 502 özellik kullanarak en yüksek optimizasyon maliyetine (585,1 sn) sahip olmuştur.

Tablo 2. Kararlılık Duyarlı Bayesyen Optimizasyon Sonrası Test Seti Sonuçları

Model	Doğruluk	Macro-F1	Weighted-F1	MCC	Dengeli doğruluk	Özellik	İndirgeme	süresi (sn)
Random Forest	0.9973	0.9962	0.9973	0.9924	0.9953	502/949	47.1%	585.1
XGBoost	0.9982	0.9975	0.9982	0.9950	0.9970	445/949	53.1%	378.3
LightGBM	0.9987	0.9981	0.9987	0.9963	0.9974	446/949	53.0%	98.9

4.2. Baz Hattı ile Karşılaştırmalı Analiz

Tablo 3, optimize edilmiş yapılandırmalar ile varsayılan ayarlarla tüm özellikleri kullanan baz hatları arasındaki karşılaştırmayı sunar. Performans farkı oldukça düşüktür: LightGBM'in optimize edilmiş hali, Makro-F1'de sadece 0,0007'lik bir düşüş yaşarken %53,0 oranında özellik indirgemesi sağlamıştır. XGBoost, %53,1 özellik indirgemesi ile 0,0011 Makro-F1 düşüşü sergilemiştir. Random Forest, 0,0025 ile en büyük performans kaybını ve %47,1 ile en düşük indirgeme oranını göstermiştir. Bu sonuçlar, kodlanmış özellik uzayının önemli bir kısmının istatistiksel olarak artık bilgi taşıdığını göstermektedir. Tüm modellerin 445-502 özellik aralığında birleşmesi, TON_IoT veri setinde bir bilgi eşiği olduğuna dair ampirik bir kanıttır.

Tablo 3. Başlangıç modellerine göre değişim

Model	Baz doğruluk	Baz macro-F1	Bo macro-F1	F1 Δ	Baz MCC	Bo MCC	MCC Δ	indirgeme
Random Forest	0.9991	0.9987	0.9962	−0.0025	0.9973	0.9924	−0.0049	47.1%
XGBoost	0.9990	0.9986	0.9975	−0.0011	0.9972	0.9950	−0.0049	53.1%
LightGBM	0.9991	0.9988	0.9981	−0.0007	0.9975	0.9963	−0.0012	53.0%

4.3. Optimizasyon Verimliliği

Modeller arasındaki optimizasyon süresi farkı dağıtım açısından kritiktir. LightGBM 20 denemeyi 98,9 saniyede tamamlarken, XGBoost 378,3 saniye ve Random Forest 585,1 saniye sürmüştür. LightGBM'in sağladığı bu verimlilik avantajı, onu kaynak kısıtlı E-IoT uç dağıtımları için optimal seçenek olarak konumlandırmaktadır.

Kaynakça

Agbedanu, P. R., Yang, S. J., Musabe, R., Gatare, I., & Rwigema, J. (2025). A scalable approach to internet of things and industrial internet of things security: Evaluating adaptive self-adjusting memory k-nearest neighbor for zero-day attack detection. *Sensors*, *25*(1), 216.

Binder, M., Moosbauer, J., Thomas, J., & Bischl, B. (2020, June). Multi-objective hyperparameter tuning and feature selection using filter ensembles. In *Proceedings of the 2020 genetic and evolutionary computation conference* (pp. 471-479).

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, *45*(1), 5-32.

Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining* (pp. 785-794).

Diab, A., Chehade, A., Ragusa, E., Gastaldo, P., Zunino, R., Baghdadi, A., & Rizk, M. (2025, October). Intrusion Detection on Resource-Constrained IoT Devices with Hardware-Aware ML and DL. In *2025 IEEE International Conference on Emerging Trends in Engineering and Computing (ETECOM)* (pp. 1-6). IEEE.

Empl, P., & Pernul, G. (2023). Digital-twin-based security analytics for the internet of things. *Information*, *14*(2), 95.

Ismail, S., Dandan, S., & Qushou, A. A. (2025). Intrusion detection in IoT and IIoT: Comparing lightweight machine learning techniques using TON_IoT, WUSTL-IIOT-2021, and EdgeIIoTset datasets. *IEEE Access*, *13*, 73468-73485.

Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q. & Liu, T. Y. (2017). Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in neural information processing systems*, *30*.

Kunang, Y. N., Nurmaini, S., Stiawan, D., & Suprapto, B. Y. (2020, December). Improving classification attacks in IoT intrusion detection system using Bayesian hyperparameter optimization. In *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)* (pp. 146-151). IEEE.

Moustafa, N. (2021). A new distributed architecture for evaluating AI-based security systems at the edge: Network TON_IoT datasets. *Sustainable Cities and Society*, *72*, 102994.

INVESTIGATING THE USE OF GENERATIVE DESIGN AND AI-POWERED SUSTAINABLE MATERIAL OPTIMIZATION IN ARCHITECTURE

Doç. Dr. Ahmet Cihat ARI[1]

Abstract

Nowadays, with increasing environmental pollution, high construction costs, and population growth, sustainable building design is becoming increasingly important. To meet the increasing demand in the construction sector and to mitigate the negative effects of environmental pollution, building materials must be used efficiently and effectively. This study aims to examine the role of generative design and artificial intelligence-based algorithms in material optimization in sustainable architecture. This study involved a literature review, systematically examining articles, theses, and current case studies. The contributions of artificial intelligence-based technological methods to material optimization and energy performance have been evaluated. The environmental, economic, and sustainability relationships of materials produced using these methods and those produced using traditional methods have been examined comparatively. In conclusion, it has been shown that AI-based models in sustainable material design significantly contribute to reducing environmental pollution, lowering material production costs, and achieving energy savings.

Keywords: *sustainability, building materials, generative design, artificial intelligence, material optimization in architecture.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, a.cihat.ari@bozok.edu.tr

1. Introduction

Climate change and ecological disruption caused by global warming have led to significant transformations in building design. In this context, sustainability-oriented designs have come to the forefront in the field of architecture. Computational and data-driven design approaches, like sustainable design approaches, are increasingly preferred in building design due to their superior performance in analyzing environmental data compared to traditional design methods (Oxman, 2017). Generative design and artificial intelligence methods, which are among these design approaches, make significant contributions to both the emergence of innovative architectural design ideas and the optimization of material design, thus promoting sustainable material production.

Generative design is a design approach that allows for the generation of numerous designs using algorithm-based models (Krish, 2011). The literature shows that studies on artificial intelligence-assisted generative design and material optimization are being conducted. For example, in the study by Al-Jamal et al. (2026), they stated that AI-assisted generative design provided significant progress in terms of energy efficiency in building facades. In their research, Luo et al. (2025) stated that using artificial intelligence-supported algorithms, the mix ratios, performance, and design of concrete materials were predicted with high accuracy. In another study conducted by Abu-Shams (2026), they explained the contributions of AI-assisted technologies to the development of innovative materials and to materials science. Using these approaches, it has been shown that building forms can be evaluated according to their environmental impacts (Shea et al., 2005). Furthermore, these methods enable the creation of building designs that are resistant to climatic and atmospheric conditions. However, the high cost and the need for extensive data for structures produced using generative design are some of the disadvantages of this design approach.

Using AI-powered models to overcome the disadvantages of generative design offers significant benefits. Machine and deep learning-based algorithms contribute to the analysis of large datasets, optimization of building materials, estimation of energy consumption, and evaluation of material production processes (Shah et al., 2021; Villano et al., 2024). In building design, digital technology and artificial intelligence-based algorithms are enabling the development of different materials for sustainable material selection. Moreover, digital technology and artificial intelligence-based algorithms support the decision-making process in ensuring that these materials meet performance criteria such as not harming the environment, not creating toxic effects, being low-cost, and having high strength (Ashkbous et al., 2026). Advances in artificial intelligence technologies make it possible to evaluate design decision-making processes in a scientific and data-driven manner. This situation is leading to the emergence of new methods for both the development and optimization of sustainable building materials.

In the field of architecture, the emergence of digital and artificial intelligence-based methods allows for the rapid production and simultaneous optimization of design alternatives and performance analyses of building materials. In their study, Elwy & Hagishima (2024) stated that methods based on digital and artificial intelligence technologies contribute to the evaluation of qualities such as the exterior design of the building, and the performance and optimization of materials. Nevertheless, aspects such as data quality, accuracy rate in prediction, computational costs, and adaptability to different disciplines are among the areas that need improvement in these methods during research.

This study investigates the role of generative design and artificial intelligence-based algorithms in the development and optimization of sustainable materials. In this context, existing studies have analyzed design approaches and architectural applications in digital and artificial intelligence technologies. The applicability of these approaches to the architectural design process, their disadvantages, and topics for future scientific research are also discussed.

2. Methodology

This study utilized a literature review method. Academic studies on the application of AI-powered generative design and sustainable material optimization in architecture have been systematically examined. During the literature review, consideration was given to high-quality international publications with scientific validity from an academic perspective within the scope of the study. In this context, publications with high scientific validity from an academic perspective, such as those indexed in the Web of Science database and published in academic journals within the Science Citation Index (SCI), are examined in the literature review (Özyürek & Türen, 2026). The use of these international resources for the research of this study has ensured a high degree of accuracy in scientific information, academic reliability, and a qualified methodology.

Keywords related to the subject of the study were identified during the literature review process. This research was conducted using the following keywords: “generative design”, “artificial intelligence in architecture”, “sustainable material optimization”, “computational design”, and “AI-based material design”. In this research, care was taken to ensure that the articles related to the topic were up-to-date. Accordingly, publications related to architecture that have been published within the last five years have been selected. Additionally, these publications were analyzed by classifying them in relation to generative design and artificial intelligence-based algorithms in the development of sustainable materials. In this context, the study addresses three main topics: the integration of generative design with artificial intelligence technologies, material performance and energy efficiency, and approaches to material optimization and sustainability. In this study, the literature was analyzed systematically using this method. Therefore, this study has filled knowledge gaps in the literature regarding generative design and artificial intelligence-supported technologies in the development of sustainable materials.

3. Results and Discussion

3.1. Integration of generative design with artificial intelligence technologies

With generative design and artificial intelligence technologies, design processes in the field of architecture have advanced to a new stage. The integration of artificial intelligence technologies into architectural designs has not only improved design processes but has also made it possible to quickly generate and optimize alternative designs. Studies in the literature show that this integration improves design processes and significantly expands application areas. For instance, Li et al. (2025) determined in their study that using generative artificial intelligence-supported technologies significantly improved the optimization of architectural design processes such as conceptual image creation, 3D modeling, and floor planning, and increased the production of high-quality designs (Figure 1). However, one of the biggest challenges in producing AI-powered designs is the increasing role of AI in the design process. This situation leads to a change in the designer's guiding and managing role in architectural design. While in the traditional design process the designer acts as an evaluator, decision-maker, and guide, in AI-assisted generative design, technological tools become more active in the design process. In this case, a hybrid design emerges, a joint product of human and artificial intelligence (Shneiderman, 2020). To make this hybrid design a reality, the development of artificial intelligence-based algorithms is necessary. Additionally, interdisciplinary collaboration in algorithmic models is critical for overcoming the challenges encountered in generating high-quality and alternative designs based on generative design (Ma et al., 2021).

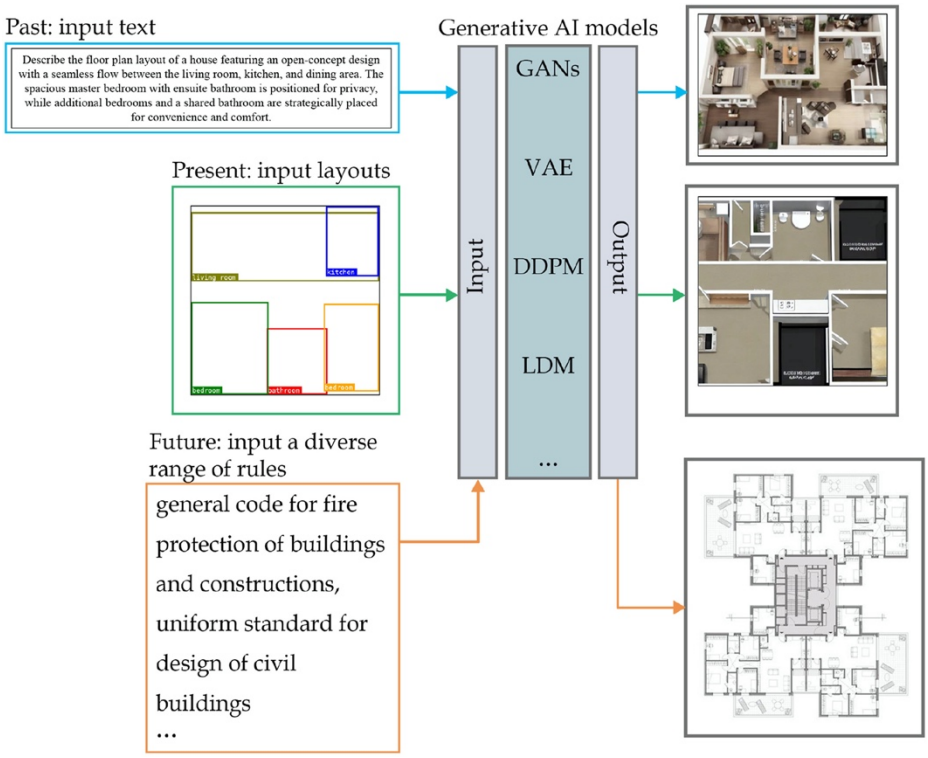


Figure 1. Floor plan created using generative artificial intelligence-powered technologies (Li et al., 2025)

In their study, Nauata et al. (2020) emphasized that specific design models, such as those for residential buildings, can be automatically generated using AI-assisted technologies. In the same study, different house plan designs were produced using artificially amplified technologies based on room relationships in "House-GAN" (Figure 2).

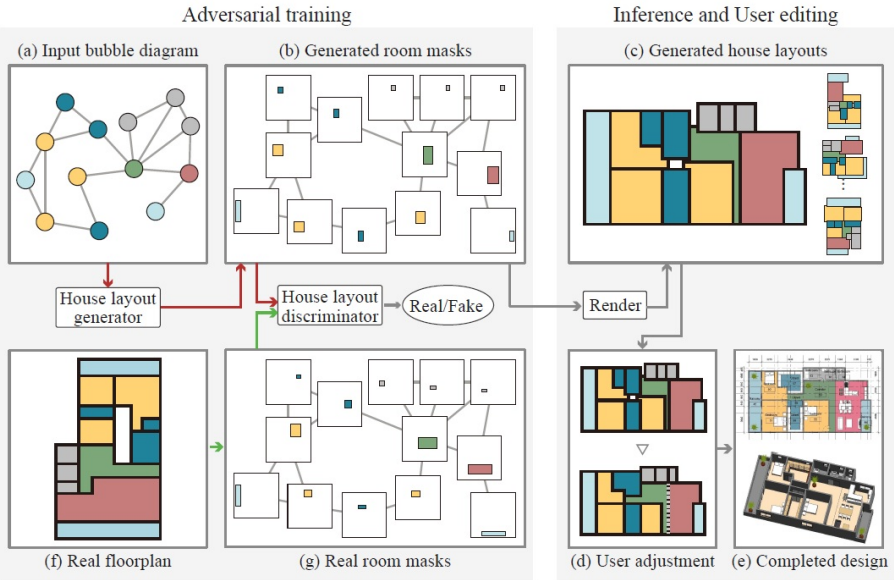


Figure 2. Generating different house plan designs using artificial intelligence-assisted technologies (Nauata et al., 2020)

In another study by Yan et al. (2022), it was determined that generative design generated using artificial intelligence technologies contributes to both the production of a variety of designs and the optimization of parameters such as building performance and energy efficiency. In the same study, artificial intelligence technologies were used to achieve performance and energy efficiency in the architectural design of an office building located in Nanjing, China. The office's pentagonal plan, natural light, natural ventilation in the atrium, and special vertical shutters minimize the building's energy consumption (Figure 3) (Yan et al., 2022).

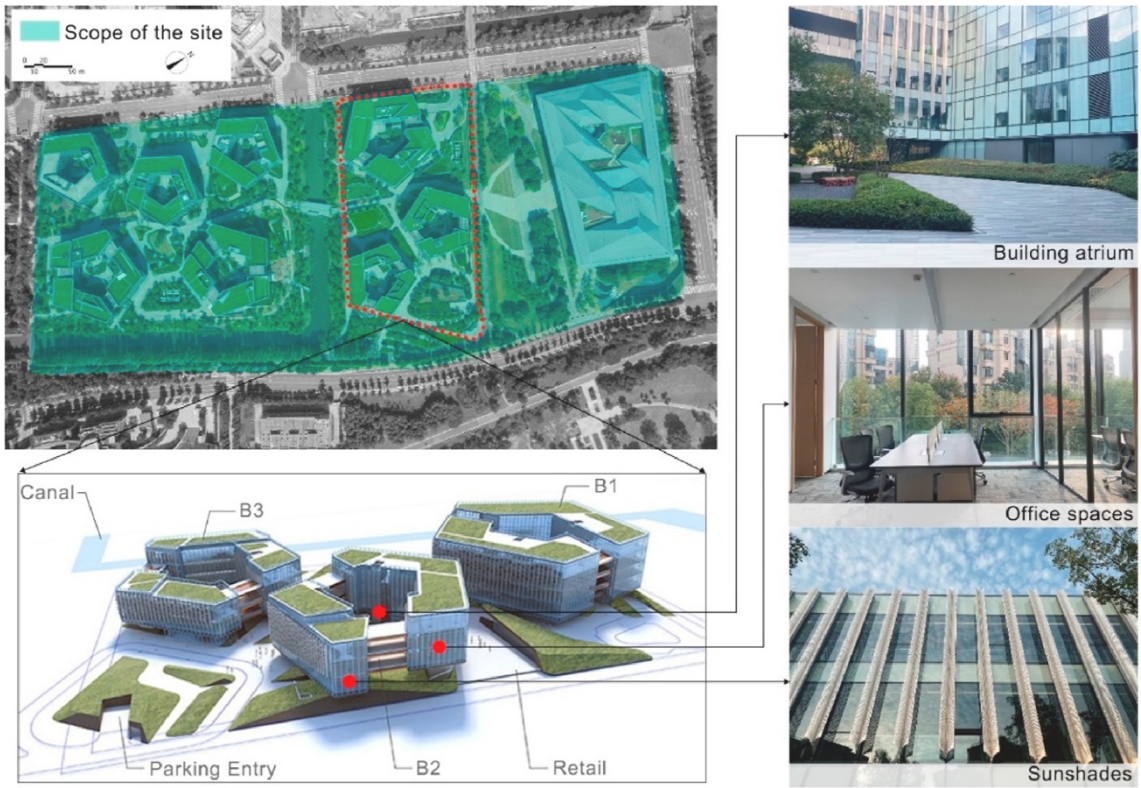


Figure 3. Artificial intelligence technologies were used in the design of an office building located in Nanjing, China, to ensure energy efficiency (Yan et al., 2022)

3.2. Material performance and energy efficiency

In generative design processes, material performance and energy efficiency are two crucial parameters. In this design approach, material behavior is incorporated into the design process in the early stages. In traditional design processes, material behavior is examined in the later stages of design, whereas in AI-assisted generative design, material performance is addressed in the early stages (Chew et al., 2024). In generative design, material performance encompasses not only fundamental properties such as mechanical, insulation, and physical characteristics, but also parameters like sustainability, which are incorporated into the design process from the initial stages (Chew et al., 2024; Ma et al., 2021). In this context, AI-driven material performance contributes to the improvement of the structure in terms of both aesthetics and functionality. Thanks to AI-powered methods in material performance, high efficiency is achieved in the use of materials in structures. Furthermore, using AI-based algorithms to predict material combinations with higher performance and accuracy makes it possible to develop new material designs (Figure 4) (He et al., 2025; Ma et al., 2021; Zang & Ding, 2024).

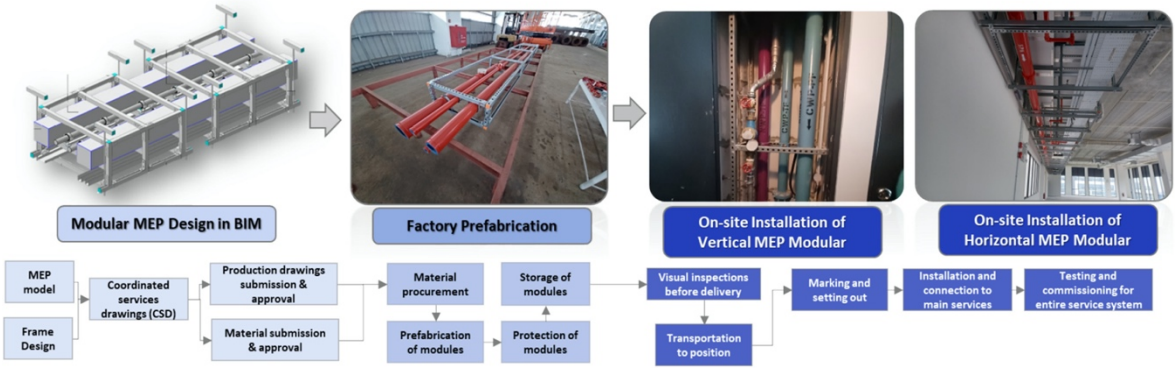


Figure 4. The use of AI-powered technologies in the design of building materials (Gao et al., 2025)

Generative artificial intelligence-powered technologies enable the reduction of energy consumption in building design. Architectural design factors such as the building's form, its orientation towards the sun, the width of the exterior facade, and the cladding all affect the building's energy consumption (Pacheco et al., 2012). Therefore, in building design, heat loss, natural ventilation, and daylight amounts in spaces are analyzed using simulations with artificial intelligence technologies to reduce energy consumption (Figure 5) (Wong et al., 2010). Accordingly, energy-efficient and sustainable buildings can be designed based on optimum parameters in terms of performance criteria.

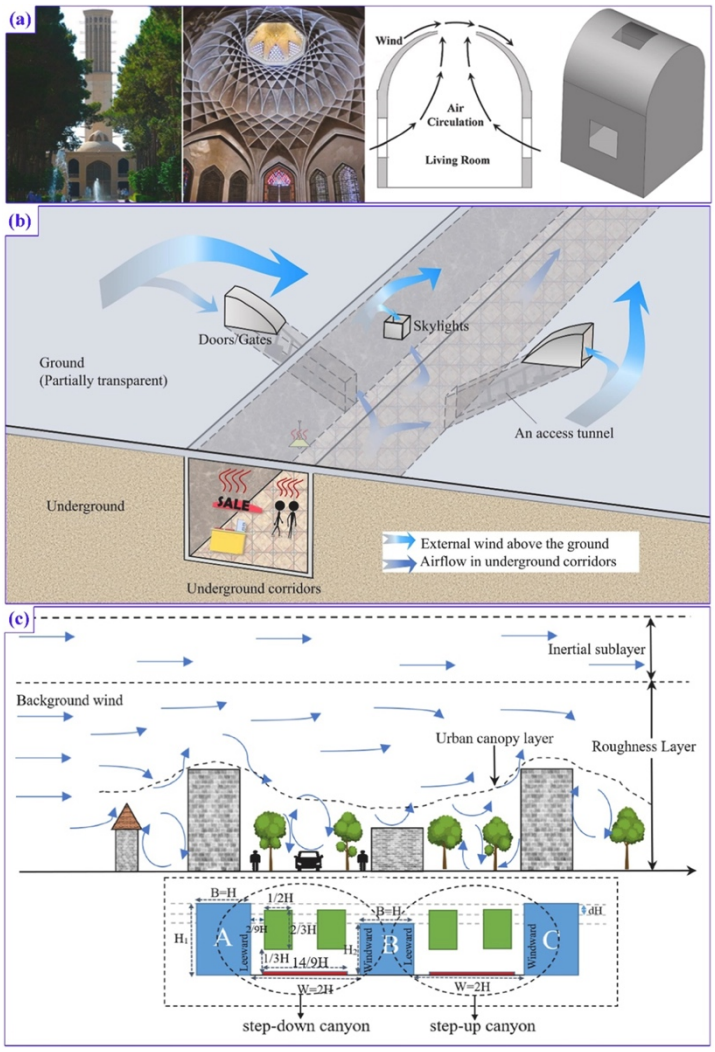


Figure 5. Generative AI-powered technologies reduce energy consumption in building design (Khdair et al., 2026)

3.3. Approaches to material optimization and sustainability

Many different design options are being produced using generative artificial intelligence-supported technologies. This approach makes it possible to determine the type and optimum ratios of material components (Vaktskjold et al., 2026). Machine and deep learning methods can analyze the structural properties of the material (Figure 6). Additionally, artificial intelligence technologies can be used to analyze criteria such as material optimization techniques, performance characteristics, production cost, and the environmental impact of the material during production (Shen et al., 2023; Tamke et al., 2018). In this context, the intuitive approach in design is being replaced by a more rational and data-driven decision-making process (Jiao, 2026).

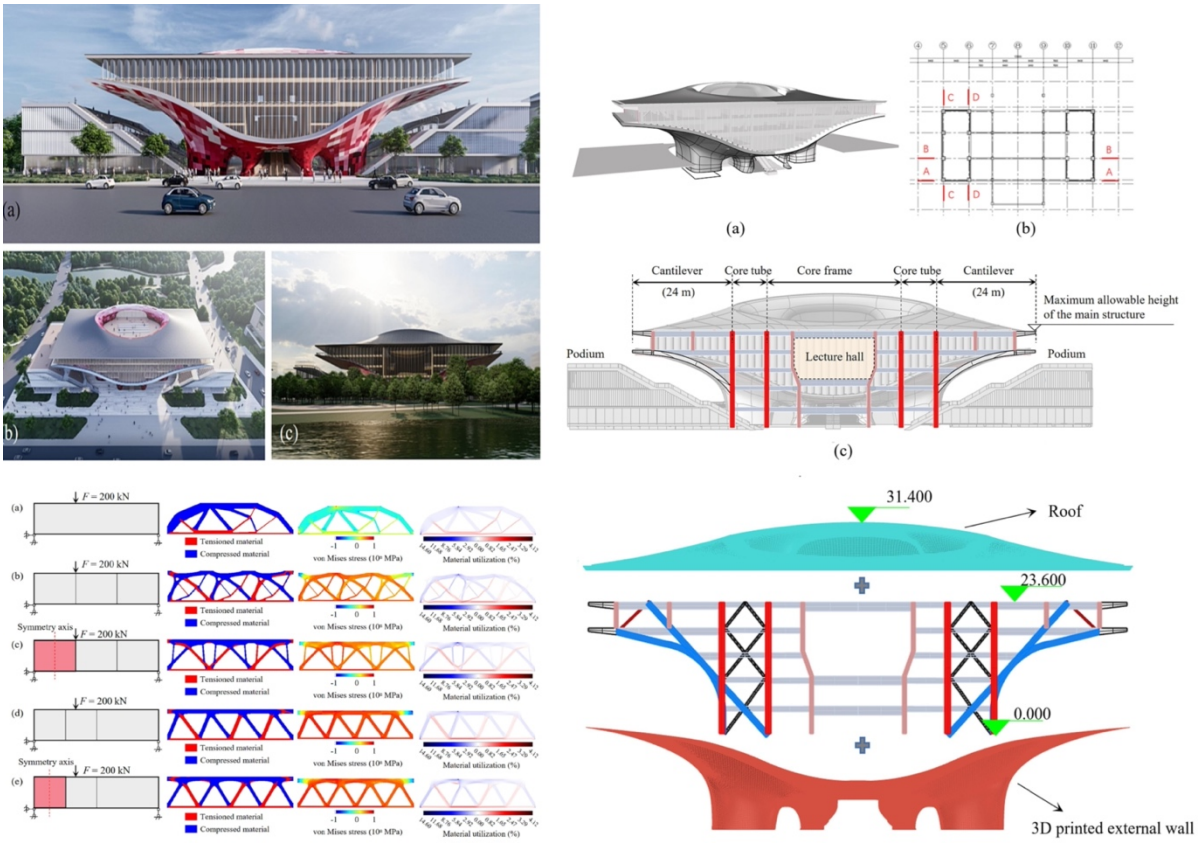


Figure 6. Analyzing material optimization using artificial intelligence technologies (Li et al., 2023)

4. Conclusion and Recommendations

This study focuses on sustainable material production and generative design applications using artificial intelligence technologies. According to the literature review conducted within the scope of this study, AI-assisted designs and materials have been shown to improve optimization, performance, and energy consumption. It also enables the production of various designs of artificial intelligence-based technologies and minimizes their harmful environmental impacts. Generative design contributes more to reducing waste production, improving energy efficiency, and achieving sustainability goals compared to traditional design. Designing AI-powered technological systems based on computation and data allows for decision-making based on quantitative facts, as well as enabling coordinated work among individuals in different fields to produce higher-quality designs.

Based on the literature review conducted as part of this study, the following recommendations are presented.

1. To ensure that architectural designs are compatible with AI-powered technological systems, future studies are recommended to improve computational and data-driven prediction accuracy in generative design.
2. The more effective and efficient use of artificial intelligence-based technological systems in the design of structures and materials will facilitate analysis processes in terms of sustainability.
3. It is recommended that training programs be developed to incorporate artificial intelligence-based technological systems into architectural designs, and that their use be expanded within the construction industry.
4. Developing artificial intelligence-based algorithms in generative designs will enable predictions with high accuracy.
5. It is suggested that the importance of the designer's role in the implementation and development of sustainable solutions in architectural designs should be re-evaluated with a focus on the use of artificial intelligence-based technologies.

References

Abu-Shams, M. (2026). "Artificial Intelligence Integration in Materials Science". *Discover Applied Sciences*, 8, 232.

Al-Jamal, M. Q., Alsarhan, A., AlJamal, M., Aljamal, Q., Khassawneh, B. S., Salhi, A., & Hayat, H. (2026). "Integrating Generative Design and Artificial Intelligence for Optimized Energy-Efficient Composite Facades in Next-Generation Smart Buildings''. *Sustainability*, 18(5), 2379.

Ashkbous, M., Ghorbani, E., & Keivanpour, S. (2026). "Artificial Intelligence for Eco-design: A Systematic Review''. *Advanced Engineering Informatics*, 69, 103989.

Chew, Z. X., Wong, J. Y., Tang, Y. H., Yip, C. C., & Maul, T. (2024). "Generative Design in the Built Environment". *Automation in Construction*, 166, 105638.

Elwy, I., & Hagishima, A. (2024). "The artificial Intelligence Reformation of Sustainable Building Design Approach: A Systematic Review on Building Design Optimization Methods Using Surrogate Models''. *Energy and Buildings*, 323, 114769.

Gao, M. Y., Li, C., Petzold, F., Tiong, R. L. K., & Yang, Y. (2025). "Lifecycle Framework for AI-driven Parametric Generative Design in Industrialized Construction". *Automation in Construction*, 174, 106146.

Luo, D., Wang, K., Wang, D., Sharma, A., Li, W., & Choi, I. H. (2025). "Artificial Intelligence in the Design, Optimization, and Performance Prediction of Concrete Materials: A Comprehensive Review." *npj Materials Sustainability*, 3, 14.

He, Z., Wang, Y. H., & Zhang, J. (2025). "Generative AIBIM: An Automatic and Intelligent Structural Design Pipeline Integrating BIM and Generative AI". *Information Fusion*, 114, 102654.

Jiao, R. (2026). "From 'Data-driven'to 'Data-informed'design—Grounding AI for Design in Knowledge, Context and Decisions''. *Journal of Engineering Design*, 1-23.

Khdair, A. I., Aburumman, G. A., Tahmasbi, F., Tahmasebi, M., Kalbasi, R., & Afrand, M. (2026). "Advancing Natural Ventilation in Sustainable Architecture: Mechanisms, Innovations, and Climate-Responsive Design for Energy-Efficient Buildings''. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 226, 116314.

Krish, S. (2011). "A Practical Generative Design Method". *Computer-Aided Design*, 43(1), 88–100.

Li, C., Zhang, T., Du, X., Zhang, Y., & Xie, H. (2025). "Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design: A Literature Review." *Frontiers of Architectural Research*, 14(3), 759-783.

Li, Y., Ding, J., Zhang, Z., Zhou, X., Makvandi, M., Yuan, P. F., & Xie, Y. M. (2023). "Practical Application of Multi-material Topology Optimization to Performance-based Architectural Design of an Iconic Building''. *Composite Structures*, 325, 117603.

Ma, W., Wang, X., Wang, J., Xiang, X., & Sun, J. (2021). "Generative Design in Building Information Modelling (BIM): Approaches and Requirements". *Sensors*, 21(16), 5439.

Nauata, N., Chang, KH., Cheng, CY., Mori, G., & Furukawa, Y. (2020). "House-GAN: Relational Generative Adversarial Networks for Graph-Constrained House Layout Generation''. In: Vedaldi, A., Bischof, H., Brox, T., Frahm, JM. (eds) Computer Vision – ECCV 2020. ECCV 2020. Lecture Notes in Computer Science, 12346. Springer, Cham.

Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). "Energy Efficient Design of Building: A Review''. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.

Oxman, R. (2017). "Thinking Difference: Theories and Models of Parametric Design Thinking". *Design Studies*, 52, 4–39.

Özyürek, H., & Türen, U. A. (2026). "A Bibliometric Analysis of Generative Artificial Intelligence in a Multidisciplinary Global Perspective''. *SN Computer Science*, 7, 318.

Shah, M. I., Memon, S. A., Khan Niazi, M. S., Amin, M. N., Aslam, F., & Javed, M. F. (2021). "Machine Learning-based Modeling with Optimization Algorithm for Predicting Mechanical Properties of Sustainable Concrete''. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 6682283.

Shea, K., Aish, R., & Gourtovaia, M. (2005). "Towards Integrated Performance-Driven Generative Design Tools". *Automation in Construction*, 14(2), 253–264.

Shen, S. C., Khare, E., Lee, N. A., Saad, M. K., Kaplan, D. L., & Buehler, M. J. (2023). "Computational Design and Manufacturing of Sustainable Materials Through First-Principles and Materiomics''. *Chemical Reviews*, 123(5), 2242-2275.

Shneiderman, B. (2020). "Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, safe & Trustworthy". *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(6), 495–504.

Tamke, M., Nicholas, P., & Zwierzycki, M. (2018). "Machine Learning for Architectural Design: Practices and Infrastructure''. *International Journal of Architectural Computing*, 16(2), 123-143.

Vaktskjold, V., Toppe, L. O., Luczkowski, M., Rønnquist, A., & Morin, D. (2026). "Systematic Mapping of Artificial Intelligence Applications in Finite-Element-Based Structural Engineering''. *Buildings*, 16(3), 644.

Villano, F., Mauro, G. M., & Pedace, A. (2024). "A Review on Machine/deep Learning Techniques Applied to Building Energy Simulation, Optimization and Management''. *Thermo*, 4(1), 100-139.

Yan, H., Yan, K. ve Ji, G. (2022). "Optimization and Prediction in the Early Design Stage of Office Buildings Using Genetic and XGBoost Algorithms". *Building and Environment*, 218, 109081.

Wong, S. L., Wan, K. K., & Lam, T. N. (2010). "Artificial Neural Networks for Energy Analysis of Office Buildings with Daylighting''. *Applied Energy*, 87(2), 551-557.

Zang, Z., & Ding, W. (2024). "Eco-Centric Generative Design Workflow: Extending Sustainability in Architecture". Paper Presented at the International Symposium on World Ecological Design.

DİJİTAL ÇAĞDA OKÜLO-POSTÜRAL SİSTEM: EKRAN MARUZİYETİNİN ETKİLERİ

THE OCULO-POSTURAL SYSTEM IN THE DIGITAL AGE: EFFECTS OF SCREEN EXPOSURE

Dr. Öğr. Üyesi Koçer Furkan DURUKAN[1]
Dr. Öğr. Üyesi Beyza Nur DURUKAN[2]

Özet

Dünyada ve ülkemizde, özellikle COVID-19 pandemisi sonrasında hız kazanan dijital dönüşüm, iş, sosyal yaşam ve sağlık hizmetlerinin sunulmasını kapsayarak dijitalleşmeyi artırmış ve bireylerin ekran maruziyetinde önemli bir artışa yol açmıştır. Uzun süreli ekran kullanımı, oküler sağlık açısından dijital göz yorgunluğuna, kuru göze ve miyopi progresyonuna; genel sağlık açısından sirkadiyen ritim bozukluklarına ve uyku ve psikososyal problemlere; kas-iskelet sağlığı açısından ise hatalı postüre, ileri baş postürüne ve servikal-torakal deformitelere neden olmaktadır. Oküler ve kas-iskelet sistemleri uzun yıllar bağımsız değerlendirilmiş olsa da, literatürde bu iki sistem arasında çift yönlü bir ilişki bulunduğu ve görme ile postürün birbirini etkilediği bildirilmiştir. Bu derlemenin amacı, okülo-postüral sağlık kapsamında bu ilişkinin multidisipliner olarak değerlendirilmesidir. Çalışmalar, dijital ekran maruziyetinin bu sistemler üzerinde eş zamanlı ve etkileşimli etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bu nedenle, ergonomik düzenlemeler, görsel hijyen ve uygun kullanım alışkanlıkları gibi koruyucu yaklaşımlar önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *postür, dijital sağlık, oküler sağlık.*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, k.furkan.durukan@yobu.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, b.nur.durukan@yobu.edu.tr

Abstract

In the world and in our country, digital transformation, which has accelerated especially after the COVID-19 pandemic, has increased digitalization by encompassing work, social life, and the delivery of healthcare services, leading to a significant rise in individuals' screen exposure. Prolonged screen use results in digital eye strain, dry eye, and myopia progression in terms of ocular health; circadian rhythm disturbances, sleep problems, and psychosocial issues in terms of general health; and faulty posture, forward head posture, and cervical-thoracic deformities in terms of musculoskeletal health. Although the ocular and musculoskeletal systems have long been evaluated independently, the literature reports a bidirectional relationship between these systems, where vision and posture influence each other. This review aims to evaluate this relationship within the concept of oculo-postural health from a multidisciplinary perspective. Studies indicate that digital screen exposure produces simultaneous and interactive effects on these systems. Therefore, preventive approaches such as ergonomic adjustments, visual hygiene, and proper usage habits are recommended.

Keywords: *posture, digital health, ocular health*

1. **Dijitalleşme ve Sağlık**

Dijitalleşme, özellikle COVID-19 pandemisinden sonra dünyada hız kazanmış, dijital sistemler iş, eğlence gibi çok alanda yaygınlaşmıştır (Trott vd., 2022: s.101452). Dijitalleşme, sağlık sistemlerinde değişiklikler meydana getirmiştir; yapay zekâ, sensör sistemleri, dijital hasta kayıtları, karar destek sistemleri, e-sağlık gibi çok sayıda dönüşüm meydana gelmiştir. Bununla beraber, tüm sistemlerin dijitalleşmesiyle, bireylerin uzaktan çalışma ve eğitim sistemlerine geçmesiyle, ekran sürelerinde artış meydana gelmiştir (Whitelaw vd., 2020: s.e435; Trott vd., 2022: s.101452). Artan ekran sürelerinin bireylerin genel sağlık durumları üzerinde oldukça önemli etkileri vardır.

Dijitalleşme ekran bağımlılığı gibi psikososyal sorunları da beraberinde getirmektedir. Akıllı telefonlar, sosyal medya platformları ve dijital oyunlar, bireylerde aşırı kullanım davranışı oluşturabilmekte; buna bağlı olarak anksiyete, depresyon, uyku bozukluğu gibi eşlik eden durumlar da meydana gelebilmektedir. Uyku bozuklukları ve dikkat eksikliğinin nedenleri incelendiğinde, dijital ekranlardan yayılan mavi ışığın, epifiz bezinden salgılanan melatonini bozarak sirkadyen ritmi bozmasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber, internet bağımlılığının beyinde dürtü kontrolünden sorumlu frontal lobda yapısal değişikliklere neden olduğu, anterior singulat kortekste gri maddenin de azaldığı bildirilmiştir (Nakshine vd., 2022: s.e30132).

2. Dijitalleşme ve Postüral Sağlık

Dijitalleşme ve ekran bağımlılığının en belirgin etkilerinin görüldüğü sistemlerden birisi de kas-iskelet sistemidir. Uzun süreli ekran kullanımı sırasında statik ve ergonomik postürlerin kullanımı, servikal ve torakal bölgede problemlere, "ileri baş postürü"ne neden olmaktadır (Tsang vd., 2023: s.1340). Ayrıca, günümüzde yaygın kullanılan video oyunları sırasındaki tekrarlayan bilek ve kol hareketleri, eğik baş postürü kas-iskelet problemlerini kötüleştirmektedir. Ayrıca, ekran süresindeki artışın kemik mineral yoğunluğunu düşürdüğü, omurga ve alt ekstremite kemiklerinin mineral bileşimini olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Nakshine vd., 2022: s.e30132).

Ekran özellikle cep telefonu kullanımı sırasında baş postüründe meydana gelen değişimlerin etkisi yalnızca servikal ve torakal bölge ile sınırlı kalmamaktadır. Uzun süreli ekran kullanımı sırasında görülen başın öne eğik postürü "Text Neck" adıyla anılmakta, başın öne fleksiyonu omurga üzerine binen yükü artırmaktadır. Baş nötral pozisyondayken yaklaşık 5 kilogramlık bir yüke sahipken, baş fleksiyonu 15 dereceye çıktığında 12 kg, 60 dereceye çıktığında 27 kg'lık bir yüke ulaşarak servikal bölgenin stresini oldukça artırmaktadır (Hansraj, 2014: s.277).

3. Dijital Ekran Kullanımı ve Oküler Sağlık

Dijital ekran yorgunluğu olarak da bilinen bilgisayar görme sendromu, dijital ekranlı cihazların uzun süreli kullanımından kaynaklanan çeşitli göz, kas iskelet ve davranışsal semptomlar kompleksi olarak tanımlanan modern çağın bir sağlık sorunudur (Bogdănici vd., 2017: s.112). Gerek mesleki ve eğitimsel zorunluluklar gerekse boş zaman aktiviteleri nedeniyle bilgisayar, akıllı telefon ve tablet kullanımının artması, bu sendromun sıklığını demografik özelliklerden bağımsız olarak tüm yaş gruplarında dramatik bir şekilde yükseltmiştir (Rosenfield, 2011: s.502; Sheppard ve Wolffsohn, 2018: s.1). COVID-19 pandemisi ile ivme kazanan uzaktan çalışma modelleri ve dijitalleşme, günlük ekran maruziyet süresini çok artırmıştır (León-Figueroa vd., 2024: s.640). Dijital ekranların oküler sistem üzerine etkileri çok boyutlu olup, göz kırpma sayısında azalmaya bağlı olarak oküler yüzey hasarı ve kuru göz (Bogdănici vd., 2017: s.112; León-Figueroa vd., 2024: s.640), sürekli olarak yakında çalışmanın tetiklemiş olduğu akomodatif yük ve miyopi progresyonu (Esaki vd., 2017: s.753), mavi ışık maruziyetinin sebep olduğu sirkadyen ritim bozulması gibi birçok mekanizmayı içeren bir patofizyolojiye dayanmaktadır (Esaki vd., 2017: s.753).

Dijital ekran maruziyeti fizyolojik göz kırpma parametrelerini etkilemektedir. Ekran kullanımı esnasında ortalama göz kırma frekansı azalırken, gerçekleşen göz kırpma reflekslerinin birçoğu tam olmayan şekilde olmaktadır (Bogdănici vd., 2017: s.112). Bu tam olmayan göz kırpmalar gözyaşı filminin en üstünde yer alan lipid tabakasının oküler yüzeye homojen bir şekilde yayılamamasına yol açar. Bunun sonucunda açıkta kalan gözyaşı buharlaşarak gözyaşı film tabakasının stabilitesi azalmakta ve bulanık görmeye neden olmaktadır (Rosenfield, 2011: s.502). Bu patofizyolojik süreç ekran kullanımı yoğun olan hastalarda ortaya çıkan evaporatif tip kuru göz semptomlarını açıklamaktadır.

Dünya genelinde miyopi prevalansı hızla artmaktadır ve 2050 yılına kadar dünya nüfusunun yarısının miyopiye sahip olması beklenmektedir (Pan vd., 2025: s.55). Miyopi epidemisinin giderek artmasının arkasında yatan temel mekanizmaların; açık havada geçirilen zamanın azalması ve yakın görme gerektiren işlerle daha fazla zaman

geçirilmesi olduğu kabul edilmektedir (Singh vd., 2022: s.2788; Yue vd., 2022: s.212; Zhao vd., 2022: s.519). Son yıllarda akıllı cihazların (telefon ve tabletler) yaygın olarak ve geleneksel okuma mesafesinden daha yakın görüş mesafesinde kullanılması akomodatif sistem üzerinde kronik bir yük oluşturarak, oküler yüzey üzerinde çeşitli olumsuz sonuçlara neden olmaktadır (Park vd., 2015: s.12; Sampasa-Kanyinga vd., 2015: s.380; Celis-Morales vd., 2018: s.77; Türen vd., 2025: s.3115). Güncel çalışmalar ekran başında geçirilen sürenin miyopi insidansı ile doğrudan ilişkili olduğunu, bu sürenin daha yüksek miyopik sferik eşdeğer ve aksiyel uzunluk ile anlamlı düzeyde korele olduğu bulunmuştur (Terasaki vd., 2017: s.123; Liu vd., 2019: s.282; Foreman vd., 2021: s.e806).Dijital maruziyetin miyopi gelişimine neden olmasında öne sürülen diğer bir hipotez de, açık havada geçirilen sürenin kısalmasıdır. Açık havada vakit geçirmek miyopiye karşı koruyucu bir rol oynamaktadır. Bunun altta yatan nedenlerinden ilki, "Artan Işık Şiddeti Hipotezi"dir. Doğal ve parlak bir ışık olan dış mekân ışığı, gözün aksiyal uzamasını yavaşlatmaktadır. 3000 lüksün üzerindeki ışıklar, göz büyümesini yavaşlatabilmekle beraber, bu etkinin ortaya çıkması için kısa süreli parlak ışıkların veya uzun süreli orta parlaklıktaki ışıkların etkili olabileceği düşünülmektedir. Diğer bir teori ise, "Artan Odak Derinliği Teorisi"dir. Işık yoğunluğunun yüksek olduğu dış ortamlarda, göz bebeğinde meydana gelen pupil konstrüksiyonu, gözün odak derinliğini artırır. Gözün odak derinliğindeki artış, retinaya düşen görüntü bulanıklığını azaltarak miyopa karşı optik düzeyde koruyucu bir mekanizma sunar (Martínez-Albert vd., 2023: s.6062).

Dijital ekranlardan yayılan ışığın önemli bir kısmını kısa dalga boylu ve yüksek enerjili mavi ışık oluşturmaktadır. Mavi ışığın in vitro ortamlarda hücresel oksidatif strese yol açtığı bilinse de, literatürdeki güncel ve kapsamlı veriler, günlük ev ve ofis ortamındaki standart dijital ekranlardan yayılan mavi ışık yoğunluğunun insan retinası için doğrudan retinotoksik (fotokimyasal hasar yapıcı) düzeyde olduğuna dair yeterli klinik kanıt bulunmadığını göstermektedir (Cougnard-Gregoire vd., 2023: s.755). Bununla birlikte, dijital ekran maruziyetinin kanıtlanmış asıl majör etkisi, sirkadiyen ritim üzerindeki nörofizyolojik bozucu rolüdür. Özellikle 450-500 nm aralığındaki mavi-turkuaz ışık spektrumu, retinada yer alan ve melanopsin pigmenti eksprese eden intrinsik fotosensitif retinal ganglion hücrelerini (ipRGC) spesifik olarak uyarmaktadır (Mure, 2021: s.636330). Bu hücrelerin hipotalamus ile doğrudan sinyalizasyona girmesi sonucunda, özellikle akşam ve gece saatlerindeki ekran maruziyeti epifiz bezinden melatonin sekresyonunu güçlü bir şekilde baskılamaktadır. Bu patofizyolojik kaskad, sirkadiyen ritmin desekronizasyonu ile sonuçlanarak uyku kalitesinde bozulmaya, azalmış uyanıklığa ve dolaylı olarak dijital göz yorgunluğu tablosuna eşlik eden sistemik bir yorgunluğa zemin hazırlamaktadır (Mure, 2021: s.636330; Cougnard-Gregoire vd., 2023: s.755).

4. Okülo-Postüral Sağlık

Dijital ekranların kullanımının doğrudan postür üzerinde etkileri olmakla beraber, bozulan göz sağlığının sonuçları da kas-iskelet sistemi üzerinde etkilere sahiptir. 2023 yılında yapılan bir sistematik derlemeye göre, ekran kullanan bireylerde dijital göz yorgunluğu prevalansı %74 olup, bireylerin %46'sında boyun, sırt ve omuz ağrısı eşlik etmektedir (Dimitrijević vd., 2023: s.860). Bu çalışmaya benzer şekilde, Radulović ve arkadaşları da ofis çalışanlarının gözle ilişkili semptomları ile omuz, boyun semptomları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bildirmiştir (Radulović ve Huršidić-Radulović, 2012: s.215).

Görme semptomları ile servikal disfonksiyon arasında mekanik bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Uzamış ekran maruziyetinin servikal bölgenin anterior tilti ile karakterize olduğu ve boyun ağrısına neden olduğu bilinmektedir. 2026 yılında Famina Hameed ve arkadaşları tarafından yapılan bir kapsam derlemesinde, boyun ağrılı bireylerin sağlıklı kontrollere göre serviko-oküler refleks kazancında patolojik bir artışa neden olduğu bildirilmiştir. Bununla beraber, boyun ağrılı bireylerin daha yüksek konverjans yetmezliğine neden olduğu (sağlıklı bireylerde %61, boyun ağrılı bireylerde %76) ve servikal propriyosepsiyondaki bozulmanın görsel fonksiyonları doğrudan bozduğu bulunmuştur (VA vd., 2026: s.107). Bu derlemenin bulgularına paralel olarak, tekrarlayan boyun ağrısı olan bireylerde Görsel Semptomlar Ölçeği, Dijital Göz Yorgunluğu Ölçeği ve Konverjans Yetersizlik Ölçeği puanlarının boyun ağrısı olmayan bireylerden daha kötü olduğu bildirilmiştir (Teo vd., 2019: s.50). Bu bulgular doğrultusunda, ekran kullanımı sırasında kullanılan kötü postür görmeyle ilişkili problemlere neden olurken, görmeyle ilgili problemlerin de servikal disfonksiyona neden olduğu düşünülebilir.

Literatürde miyopi ve postür arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalar da mevcuttur. Ekran maruziyetinin miyopi riskini artırdığı bilinmekle beraber, çalışma postürü ve ergonomisinin miyopi gelişimine neden olabileceğini bildiren yayınlar da mevcuttur. Yanlış veya öne eğik postürün ve yakın çalışma mesafesinin miyopi gelişimi için önemli bir risk faktörü olduğu bulunmuştur (Pärssinen ve Kauppinen, 2016: s.94). Buna benzer şekilde, doğru sandalye yüksekliği ayarlanmış ve postüral talimatları göz önünde bulunduran bireylerin miyopi progresyonlarının çok daha yavaş olduğu da bilinmektedir (Wang vd., 2025: s.13). Miyopi varlığı ile postüral değişimler arasında da

anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Miyopisi olan bireylerin görme netliklerini artırmak amacıyla öne eğik boyun postürü geliştirdikleri gösterilmiştir. Miyopisi olan bireylerin %59'unda başın anterior tilti gözlenirken, 5-10 yıldır miyopisi olan bireylerde öne eğik baş duruşunun (forward head) daha yaygın olarak görüldüğü raporlanmıştır (Kolhatkar ve Rayjade, 2020: s.49).

5. Koruyucu Yaklaşımlar

Dijitalleşmenin oküler ve postüral sistem üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için multidisipliner ve bütüncül koruyucu yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşımlar; görsel hijyenin sağlanması, ergonomik düzenlemelerin yapılması ve dijital kullanım alışkanlıklarının postür ve oküler sağlık perspektifinde optimize edilmesini içermektedir. Hem oküler hem de postüral sağlığın sağlanmasındaki en temel gerekliliklerden birisi ergonomik ve postüral modifikasyonlardır. Doğru sandalye yüksekliğinin ayarlanması, ekranın göz hizasında konumlandırılması miyopi progresyonunu azaltmakta, servikal yükü düzenleyerek kas-iskelet sağlığına olumlu katkılarda bulunmaktadır (Wang vd., 2025: s.13). Bununla beraber, bireylerin açık havada vakit geçirmelerinin ve açık havada katıldıkları rekreasyonel aktivitelerin de artırılması önemlidir. Bireylerin açık havada geçirdikleri süreye paralel olarak, fiziksel aktivite düzeyleri artacak, bu sağlıkla ilişkili tüm parametrelerde gelişme sağlayacaktır. Buna ek olarak, "Artan Işık Şiddeti Hipotezi"ne göre oküler sağlıklarında ve okülo-postüral etkileşimlerinde iyileşmeler meydana gelecektir.

6. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde teknolojik gelişmelerin hız kazanması, cep telefonu, bilgisayar gibi teknolojik cihazların yanı sıra yapay zeka, sosyal medya gibi kavramların da günlük yaşamımızda önemli bir yer tutuyor olması nedeniyle erken çocukluk döneminden yaşlanmaya kadar dijital ekranlara maruziyetimiz oldukça artmıştır. Uzamış ekran süresinin doğrudan oküler sağlık ve postüral sağlığı tehdit etmesi okülo-postüral sağlık üzerinde de doğrudan bir yük oluşturmaktadır. Bireylerin okülo-postüral sağlığa ilişkin farkındalığının artırılması, bireylerin dijital ekranları kullanırken postürlerinin, ekran ışık düzeylerinin ve mesafelerinin düzenlenmesi ve gerekirse bunun da yeni teknolojiler (ekran göz mesafesi uyarısı, mavi ışık filtresi gibi) desteğiyle yapılmasının önemli olduğunu düşünmekteyiz.

Kaynakça

Bogdănici, C. M., Săndulache, D. E. ve Nechita, C. A. J. R. (2017). "Eyesight quality and computer vision syndrome". Romanian Journal of Ophthalmology, 61(2): 112.

Celis-Morales, C. A., Lyall, D. M., Steell, L., Gray, S. R., Iliodromiti, S., Anderson, J., Mackay, D. F., Welsh, P., Yates, T. ve Pell, J. P. J. B. m. (2018). "Associations of discretionary screen time with mortality, cardiovascular disease and cancer are attenuated by strength, fitness and physical activity: findings from the UK Biobank study". BMC Medicine, 16(1): 77.

Cougnard-Gregoire, A., Merle, B. M., Aslam, T., Seddon, J. M., Aknin, I., Klaver, C. C., Garhöfer, G., Layana, A. G., Minnella, A. M. ve Silva, R. J. O. (2023). "Blue light exposure: ocular hazards and prevention—a narrative review". Ophthalmic Physiology and Optics, 12(2): 755-788.

Dimitrijević, V., Todorović, I., Viduka, B., Lavrnić, I. ve Viduka, D. (2023). "Prevalence of computer vision syndrome in computer users: A systematic review and meta-analysis". Vojnosanitetski pregled, 80(10): 860-870.

Esaki, Y., Kitajima, T., Takeuchi, I., Ssuboi, S., Furukawa, O., Moriwaki, M., Fujita, K. ve Iwata, N. J. C. i. (2017). "Effect of blue-blocking glasses in major depressive disorder with sleep onset insomnia: A randomized, double-blind, placebo-controlled study". Chronobiology International, 34(6): 753-761.

Foreman, J., Salim, A. T., Praveen, A., Fonseka, D., Ting, D. S. W., He, M. G., Bourne, R. R., Crowston, J., Wong, T. Y. ve Dirani, M. J. T. L. D. H. (2021). "Association between digital smart device use and myopia: a systematic review and meta-analysis". The Lancet Digital Health, 3(12): e806-e818.

Hansraj, K. K. (2014). "Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head". Surgical Technology International, 25(25): 277-279.

Kolhatkar, A. ve Rayjade, A. (2020). "A study of relation between myopia and head posture in young adult population". Indian Journal of Public Health Research & Development, 11(05): 49-54.

León-Figueroa, D. A., Barboza, J. J., Siddiq, A., Sah, R., Valladares-Garrido, M. J., Adhikari, S., Aguirre-Milachay, E., Sah, S. ve Rodriguez-Morales, A. J. J. B. P. H. (2024). "Prevalence of computer vision syndrome during the COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis". BMC Public Health, 24(1): 640.

Liu, S., Ye, S., Xi, W., Zhang, X. J. O. ve Optics, P. (2019). "Electronic devices and myopic refraction among children aged 6-14 years in urban areas of Tianjin, China". Ophthalmic and Physiological Optics, 39(4): 282-293.

Martínez-Albert, N., Bueno-Gimeno, I. ve Gené-Sampedro, A. (2023). "Risk factors for myopia: a review". Journal of Clinical Medicine, 12(18): 6062.

Mure, L. S. J. F. i. n. (2021). "Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells of the human retina". Frontiers in Neurology, 12: 636330.

Nakshine, V. S., Thute, P., Khatib, M. N. ve Sarkar, B. (2022). "Increased screen time as a cause of declining physical, psychological health, and sleep patterns: a literary review". Cureus, 14(10): e30132.

Pan, W., Saw, S.-M., Wong, T. Y., Morgan, I., Yang, Z. ve Lan, W. J. T. L. R. H. W. P. (2025). "Prevalence and temporal trends in myopia and high myopia children in China: a systematic review and meta-analysis with projections from 2020 to 2050". The Lancet Regional Health - Western Pacific, 55: 101032.

Park, J., Kim, J., Kim, J., Kim, K., Kim, N., Choi, I., Lee, S. ve Yim, J. J. A. S. (2015). "The effects of heavy smartphone use on the cervical angle, pain threshold of neck muscles and depression". Advanced Science and Technology Letters, 91(3): 12-17.

Pärssinen, O. ve Kauppinen, M. (2016). "Associations of reading posture, gaze angle and reading distance with myopia and myopic progression". Acta Ophthalmologica, 94: 94.

Radulović, B. ve Huršidić-Radulović, A. (2012). "Frequency of musculoskeletal and eye symptoms among computer users at work". Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju, 63(2): 215-217.

Rosenfield, M. J. O. ve Optics, P. (2011). "Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments". Ophthalmic and Physiological Optics, 31(5): 502-515.

Sampasa-Kanyinga, H. ve Lewis, R. F. J. C. (2015). "Frequent use of social networking sites is associated with poor psychological functioning among children and adolescents". Computers in Human Behavior, 18(7): 380-385.

Sheppard, A. L. ve Wolffsohn, J. S. J. B. o. o. (2018). "Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration". BMJ Open Ophthalmology, 3(1): 1.

Singh, H., Singh, H., Latief, U., Tung, G. K., Shahtaghi, N. R., Sahajpal, N. S., Kaur, I. ve Jain, S. K. J. I. j. (2022). "Myopia, its prevalence, current therapeutic strategy and recent developments: A Review". Indian Journal of Ophthalmology, 70(8): 2788-2799.

Teo, C., Giffard, P., Johnston, V. ve Treleaven, J. M. (2019). "Computer vision symptoms in people with and without neck pain". Applied Ergonomics, 80: 50-56.

Terasaki, H., Yamashita, T., Yoshihara, N., Kii, Y. ve Sakamoto, T. J. B. o. (2017). "Association of lifestyle and body structure to ocular axial length in Japanese elementary school children". BMC Ophthalmology, 17(1): 123.

Trott, M., Driscoll, R., Iraldo, E. ve Pardhan, S. (2022). "Changes and correlates of screen time in adults and children during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis". EClinicalMedicine, 48: 101452.

Tsang, S. M., Cheing, G. L. ve Chan, J. W. (2023). "Severity of slouched posture during smartphone use is associated with the musculoskeletal discomfort, daily usage, and school year among adolescents". Ergonomics, 66(9): 1340-1353.

Türen, Ş. ve Bağçeli Kahraman, P. J. E. (2025). "The predictive relationships between children's digital game addiction tendencies and mothers' digital parenting awareness and digital literacy levels". Education and Information Technologies, 30(3): 3115-3144.

VA, F. H., Rai, S., Anupriya, P. ve KB, R. B. (2026). "The Role of Neck Muscle Strength and Posture in Digital Device-related Visual Disturbances: A Scoping Review". Asian Journal of Medicine and Health, 24(1): 107-119.

Wang, Y., Yang, D., Zhang, F., Qi, W., Lu, Q., Wu, H. ve Luo, C. (2025). "Analysis of the association between reading and writing postures and comorbidity of myopia and scoliosis in junior middle school students". Frontiers in Pediatrics, 13: 13.

Whitelaw, S., Mamas, M. A., Topol, E. ve Van Spall, H. G. (2020). "Applications of digital technology in COVID-19 pandemic planning and response". The Lancet Digital Health, 2(8): e435-e440.

Yue, Y., Liu, X., Yi, S., Liu, B., Yi, H. ve Li, H. J. B. o. (2022). "High prevalence of myopia and low hyperopia reserve in 4411 Chinese primary school students and associated risk factors". BMC Ophthalmology, 22(1): 212.

Zhao, X., Lu, X., Yu, L., Zhang, Y., Li, J., Liu, Y., Yang, G., Wang, Y., Zhang, W. ve Du, Z. J. B. o. (2022). "Prevalence of myopia and associated risk factors among key schools in Xi'an, China". BMC Ophthalmology, 22(1): 519.

SİGARA BIRAKMADA SOHBET ROBOTU TABANLI DİJİTAL MÜDAHALELER
CHATROBOT-BASED DIGITAL INTERVENTIONS IN SMOKING CESSATION

Arş. Gör. Seher DÖNER[1]
Arş. Gör. Safa YALÇIN[2]

Özet

Bu derlemenin amacı, sigara bırakmaya yönelik sohbet robotu (chatbot) temelli dijital müdahalelerin özelliklerini, sağlık alanındaki kullanım alanlarını ve etkililiğine ilişkin mevcut literatürü incelemektir. Tütün kullanımı, dünya çapında önlenebilir ölümlerin en önde gelen nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir ve profesyonel destek hizmetlerinin kısıtlı kapasitesi, bireylerin bu hizmetlere erişimini zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda, dijital sağlık (e-Sağlık ve m-Sağlık) müdahaleleri, özellikle sohbet robotları, kişiselleştirilmiş ve her an erişilebilir destek sunarak geleneksel yöntemlerin sınırlılıklarını aşma potansiyeline sahiptir. Bot, otomatikleştirilmiş görevleri yerine getiren bir yazılımdır; sohbet botları ise çeşitli mesajlaşma platformlarında kullanılan ve insanlarla iletişim kuran bot kategorisine girmektedir. Sohbet robotu teknolojilerinin temel olarak üç aşamada ele alındığı görülmektedir. Bunlar yalnızca önceden belirlenmiş karar ağaçlarına dayanan kural tabanlı sistemler, Büyük Dil Modelleri (LLM) ve Doğal Dil İşleme (NLP) kullanan üretken yapay zeka sistemleri ve her iki yaklaşımın güçlü yönlerini (klinik güvenilirlik ve doğal iletişim) birleştiren hibrit modellerdir. Mevcut literatür incelendiğinde, sohbet robotlarının Bilişsel Davranışçı Terapi ve Motivasyonel Görüşme gibi kanıta dayalı klinik yöntemleri başarıyla dijitalleştirdiği görülmektedir. QuitBot, Roby, Aipaca, MIBot, Quin, Dejal@bot, BeFreeBot gibi botlar sigarayı bıraktırma amacıyla geliştirilen bazı sohbet botu örnekleridir. Araştırmalar, sohbet robotlarının kullanıcılarda sigarayı bırakma niyetini, öz yeterliliği artırdığını ve uzun vadeli yoksunluk oranlarını standart bakıma kıyasla iyileştirdiğini göstermektedir. Bununla birlikte, zaman içinde kullanıcı etkileşiminin ve bağlılığının azalması, müdahalelerin tasarımsal eksiklikleri ve yapay zeka modellerinin ara sıra yanlış bilgi sunabilmesi (halüsinasyon) gibi önemli sınırlılıklar da mevcuttur. Sonuç olarak, sohbet robotları sigara bırakma sürecinde güçlü, yargılayıcı olmayan ve yenilikçi bir destek aracı olarak öne çıkmaktadır; ancak klinik etkinliğin artırılması için bu araçların mevcut sağlık sistemleriyle entegre edilmesi ve insan odaklı tasarım prensipleriyle sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Sohbet robotu, yapay zeka, sigara bırakma, sigara bağımlılığı, dijital müdahale*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, seher.doner@yobu.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, safa.yalcin@bozok.edu.tr

Abstract

The aim of this review is to examine the characteristics, applications in the health field, and effectiveness of chatbot-based digital interventions for smoking cessation, as well as the existing literature on their impact. Tobacco use remains one of the leading causes of preventable deaths worldwide, and the limited capacity of professional support services makes it difficult for individuals to access these services. In this context, digital health (e-health and m-health) interventions, particularly chatbots, have the potential to overcome the limitations of traditional methods by offering personalized and readily accessible support. A bot is software that performs automated tasks; chatbots, on the other hand, fall into the category of bots used on various messaging platforms that interact with humans. Chatbot technologies appear to be addressed primarily in three phases: rule-based systems relying solely on predetermined decision trees, generative artificial intelligence systems using Large Language Models (LLM) and Natural Language Processing (NLP), and hybrid models that combine the strengths of both approaches (clinical reliability and natural communication). A review of the existing literature reveals that chatbots have successfully digitized evidence-based clinical methods such as Cognitive Behavioral Therapy and Motivational Interviewing. QuitBot, Roby, Aipaca, MIBot, Quin, Dejal@bot, and BeFreeBot are some examples of chatbots developed for the purpose of helping people quit smoking. Research shows that chatbots increase users' intention to quit smoking, self-efficacy, and improve long-term abstinence rates compared to standard care. However, significant limitations exist, such as decreased user interaction and engagement over time, design flaws in the interventions, and the occasional presentation of misinformation (hallucinations) by AI models. In conclusion, chatbots stand out as a powerful, non-judgmental, and innovative support tool in the smoking cessation process; however, to increase clinical effectiveness, these tools need to be integrated into existing healthcare systems and continuously improved with human-centered design principles.

Keywords: *Chatbot, artificial intelligence, smoking cessation, smoking addiction, digital intervention*

Giriş

Sigara kullanımı, küresel hastalık yüküne ve önlenebilir ölümlere katkıda bulunan en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olmaya devam etmektedir (Olawade ve Aienobe-Asekharen, 2025). Her yıl dünya çapında sekiz milyondan fazla insan tütün kullanımına bağlı kanser, solunum yolu ve kardiyovasküler hastalıklar nedeniyle hayatını kaybetmektedir (Bendotti vd., 2023; Bricker vd., 2024a). Sigara bağımlılığı, kronik ve tekrarlayan bir yapıya sahip olduğundan, profesyonel bir destek olmaksızın yapılan bırakma girişimlerinin başarı oranı oldukça düşüktür (Bendotti vd., 2024a). Bununla birlikte, personel yetersizliği, yüksek maliyetler, zaman kısıtlamaları ve hastaların kliniklere başvurmaktan çekinmesi gibi engeller, geleneksel yüz yüze danışmanlık hizmetlerinin nüfus geneline yayılmasını zorlaştırmaktadır (Liu vd., 2025). Akıllı telefonlar ve internet tabanlı platformlar üzerinden sunulan dijital sağlık (m-Sağlık ve e-Sağlık) müdahaleleri genel nüfusa ulaşmayı kolaylaştırmaktadır (Cobos-Campos vd., 2023). Önceleri yalnızca önceden programlanmış, tek yönlü kısa mesaj servisleri (SMS) üzerinden ilerleyen bu dijital evrim, günümüzde yerini yapay zeka destekli sohbet robotlarına (chatbot'lar) bırakmıştır (Abroms, vd., 2025a).

Bot, otomatikleştirilmiş görevleri yerine getiren bir yazılımdır; sohbet botları ise çeşitli mesajlaşma platformlarında kullanılan ve insanlarla iletişim kuran bot kategorisine girmektedir (Arsenijevic ve Jovic, 2019). İnsan konuşmasını taklit eden, anında yanıt verebilen ve doğal dil işleme kapasitesine sahip olan sohbet robotları, kullanıcılarla bağ kurarak sigara bırakma sürecinde ihtiyaç duyulan kesintisiz, kişiselleştirilmiş ve yargılayıcı olmayan psikolojik desteği sağlama rolünü üstlenmektedir (He vd., 2024). Bu derlemede, sağlık alanında giderek daha fazla benimsenen sohbet robotu müdahalelerinin sigara bırakma üzerindeki etkisi, avantajları ve literatürdeki mevcut durumu kapsamlı bir şekilde incelenmiştir.

Sohbet Robotları ve Sağlık Alanında Kullanımı

Sohbet robotları (diyalog sistemleri veya sanal asistanlar), kullanıcılarla doğal dilleri aracılığıyla sesli veya yazılı olarak iletişim kurmak üzere tasarlanmış bilgisayar programlarıdır (Deepika, V., vd., 2025). Sağlık alanındaki uygulamalar açısından bu sistemler genel olarak farklı kategorilerde ele alınmaktadır. Kural tabanlı sistemler, önceden tanımlanmış senaryolar ve menü seçenekleri üzerinden çalışırken; yapay zeka destekli ve özellikle doğal dil işleme (NLP) kullanan modeller, kullanıcının serbest biçimli yazılı yanıtlarını yorumlayıp dinamik ve bağlama duyarlı yanıtlar üretebilmektedir (Chen vd., 2025). Özellikle Büyük Dil Modellerinin (LLM) (örneğin ChatGPT) gelişimiyle birlikte, sohbet robotları artık bağlamı, nüansları ve geçmiş konuşmaları anlayabilen çok daha karmaşık ve akıcı bir yapıya kavuşmuştur (Abroms vd., 2025b). Sigara bırakma literatüründeki en gelişmiş ve güncel sohbet robotları (örneğin QuitBot, Aipaca veya HyLECA tabanlı Roby) bu iki yaklaşımın birleşimi olan hibrit mimariyi kullanmaktadır. Bir yandan Bilişsel Davranışçı Terapi (BDT) gibi klinik yönergelerden sapmamak (halüsinasyonları önlemek) için arka planda kural tabanlı bir iskelet veya sınırlandırıcı komutlar çalışırken, diğer yandan kullanıcının girdiği serbest metinleri anlamak, kişiselleştirilmiş özetlemeler ve empatik yansıtmalar yapmak için üretken yapay zeka (LLM) kullanılmaktadır (Bricker vd., 2024a; He vd., 2024).

Sağlık alanında sohbet robotları, kronik hastalıkların yönetiminden, sağlıklı yaşam tarzı teşvikine, ilaç uyumundan ruh sağlığı desteğine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır (Guo vd., 2023). Sigara bırakma, sağlıklı beslenmeyi ve fiziksel aktiviteyi teşvik etme chatbotların en sık müdahale ettiği yaşam tarzı değişikliği alanları arasında sayılmaktadır (Chen ve ark., 2025; Zhang vd., 2020). Bu sistemler, öz şefkat geliştirilmesi ve başa çıkmanın güçlendirilmesi (Boggiss vd., 2023), hastaların randevularının organize edilmesi, hastalık semptomlarının takip edilmesi ve terapötik konuşmalar aracılığıyla anksiyete veya depresyon gibi ruhsal problemlerde terapi sunulması amacıyla kullanılabilmektedir (Bendotti vd., 2023). Madde kullanımı ve bağımlılık alanında ise, sohbet robotları tarama yapmak, kullanıcıları değerlendirmek, istek (aşerme) krizleriyle başa çıkma stratejileri önermek ve motivasyonel destek sağlamak gibi kritik görevleri yerine getirmektedir (Lee vd., 2024).

Sigara Bırakmada Sohbet Robotu Müdahaleleri

Sigara bırakma müdahalelerinde sohbet robotları, genellikle kanıta dayalı klinik kılavuzları dijital ortama aktaracak şekilde tasarlanmaktadır. Bu müdahalelerin temelinde yatan en yaygın psikolojik yaklaşımlar Bilişsel Davranışçı Terapi (BDT) ve Motivasyonel Görüşme (MG) tekniklerdir (He vd., 2025). Sohbet robotları,

kullanıcıları sigara bırakmaya karşı olan kararsızlıklarını aşmaya teşvik etmek, risk durumlarını analiz etmek, öz yeterlilik kazandırmak ve bir bırakma planı oluşturmak için yapılandırılmış oturumlar düzenler (Brown vd., 2023). Bunun yanı sıra "5A" (Sor, Tavsiye et, Değerlendir, Yardım et, Düzenle) modeli gibi klinik çerçeveleri de başarıyla entegre eden müdahaleler mevcuttur (Liu vd., 2025).

Sigara bırakmaya yönelik chatbot müdahaleleri, sunuldukları platform ve teknolojik altyapı açısından farklılıklar içermektedir. Sohbet robotları doğrudan bağımsız akıllı telefon uygulamalarına (örneğin QuitBot veya CureApp) entegre edilebildiği gibi (Bricker vd., 2024a), Telegram, WhatsApp, WeChat veya Facebook Messenger gibi popüler mesajlaşma uygulamaları üzerinden de (örneğin Dejal@bot) kullanıcılara ulaşabilmektedir (Olano-Espinosa vd., 2022; Weng vd., 2024). Bazı sistemler de sesli iletişime olanak tanıyan dijital avatar (örneğin Florence) formatında tasarlanmıştır (Bendotti vd., 2024a; Olawade & Aienobe-Asekharen, 2025). Web tabanlı diyalog pencereleri kullanan Roby ve Aipaca gibi sistemler ise genellikle bilgisayar veya mobil tarayıcılar üzerinden erişim sağlar (He vd., 2024; Liu vd., 2025). Kullanıcıların herhangi bir akıllı telefon uygulamasına veya internet bağlantısına ihtiyaç duymadan, yalnızca standart kısa mesaj (SMS) göndererek iletişim kurabildiği BeFreeGPT gibi yenilikçi SMS tabanlı sistemler de mevcuttur (Abroms vd., 2025a)

Chatbot tabanlı sigara bırakma müdahalelerinin içerikleri genellikle çok bileşenlidir. Sohbet robotları kullanıcılara bırakma gününü belirleme konusunda yardımcı olur, sigara tetikleyicilerini (stres, duygusal durumlar, sosyal ortamlar) tanımlar ve kullanıcıya aşerme (kriz) anlarında anında dikkat dağıtıcı, rahatlatıcı stratejiler sunar (Bricker vd., 2024a). Mesaj türleri arasında hatırlatıcılar, bilgi verici metinler, empati kuran yanıtlar ve FDA onaylı nikotin replasman tedavileri (NRT) hakkında yönlendirmeler bulunur (Abroms vd., 2025a). Dejal@bot, video, grafik, oyun ve bağlantı gibi çoklu formatlarda içerik sunmakla kalmayıp oyunlaştırma unsurlarını da (puan sistemi ve rozetler) kullanarak kullanıcı bağlılığını pekiştirmeyi hedeflemiştir (Olano-Espinosa ve ark., 2022).

İspanya'da 34 birinci basamak sağlık merkezinde yürütülen çok merkezli randomize kontrollü bir çalışmada Dejal@bot adlı chatbot, Telegram mesajlaşma platformu üzerinden hasta ile günlük etkileşim kurmuştur. Bu sistemin temel özelliği; hastanın bırakma sürecine yakın 15 günlük yoğun bir hazırlık dönemini, ardından giderek seyrekleşen takip mesajlarını kapsamasıdır. Hasta, chatbotla istediği zaman ve yerde iletişim kurabilmiş; sistem kişisel risk durumuna, kullandığı ilaca ve yoksunluk belirtilerine göre içeriği özelleştirmiştir (Olano-Espinosa vd., 2022).

QuitBot ise farklı bir platform stratejisini temsil etmekte olup çok yıllı bir geliştirme sürecinin ardından SMS tabanlı bir sistemden GPT-3.5 destekli serbest formatlı soru-cevap motoruna evrilen kapsamlı bir chatbot mimarisi sunmaktadır. Sigarayı bırakma motivasyonlarından, bırakma tarihi belirlemeye, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) onaylı bırakma ilaçlarını seçmeye, tetikleyicilerle başa çıkmaya ve nüksetmelerden ve tekrarlamalardan kurtulmaya kadar çeşitli konuları kapsayan, 2-3 dakikalık konuşmalardan oluşan 42 günlük bir sigara bırakma programıdır. Ayrıca kullanıcılar, şiddetli sigara içme arzusu geldiklerinde robota “CRAVE (KRİZ)” veya bir kayma/relaps yaşadıklarında “SLIP (KAÇAMAK)” gibi anahtar kelimeler yazdıklarında, robot bu mesajı algılamakta ve kullanıcının dikkatini dağıtacak rahatlama egzersizleri veya motivasyonel stratejiler sunan bir acil durum diyalogu başlatmaktadır (Bricker vd., 2024a). Benzer şekilde, hibrit bir yapıya sahip olan Roby adlı sohbet robotu müdahalesi de beş haftalık sürmektedir. Kullanıcı, sigarayı bırakma niyetini ve öz yeterliliğini artırmayı hedefleyen Motivasyonel Görüşme (MG) tabanlı bir başlangıç oturumunun ardından, tetikleyicilerle başa çıkma ve olumsuz duyguları yönetme gibi spesifik Bilişsel Davranışçı Terapi (BDT) konularının işlendiği dört haftalık takip oturumlarına katılmaktadır (He vd., 2024; He vd., 2025).

Etkileşim düzeyi, kural tabanlı sistemlerde daha sınırlıyken, LLM tabanlı güncel sistemlerde kullanıcılar açık uçlu sorular sorabilmekte ve robot, bu sorulara bağlama uygun, uzun, terapötik bir yansıtma ve özetleme yaparak yanıt verebilmektedir (Brown vd., 2023). Örneğin BeFreeBot, kullanıcının sorularına bağlama duyarlı yanıtlar üretmek ve serbest biçimli konuşmaları yönetmek için GPT-4o mimarisini kullanmaktadır. Sisteme, bir sigara bırakma danışmanı gibi davranması, empati kurması ve yönlendirici sorular sorması talimatı verilmiştir (Abroms ve ark., 2025b). Dünya Sağlık Örgütü de 2024 yılında ChatGPT-4 teknolojisine dayalı SARAH (Smart AI Resource Assistant for Health) adlı chatbotu sekiz dilde hizmete sunmuştur (Abroms ve ark., 2025a).

Etkililik ve Bulgular

Sohbet robotlarının sigara bırakma oranları üzerindeki etkisi genel olarak olumlu bulunmuştur, ancak çalışmaların metodolojik kalitelerine göre sonuçlar farklılık gösterebilmektedir. Birçok randomize kontrollü çalışma (RCT),

sohbet robotu destekli uygulamaların standart bakıma veya sadece mesajlaşma içeren uygulamalara kıyasla sigara içmeme oranlarını anlamlı ölçüde artırdığını göstermiştir. Örneğin, kapsamlı bir meta-analiz, 6 aylık takipte sohbet robotu kullanan kişilerin sigarayı bırakma olasılığının kontrol gruplarına göre 1.29 kat daha yüksek olduğunu bildirmiştir (Bendotti vd., 2023). Benzer şekilde, QuitBot uygulamasının test edildiği bir çalışmada, programı tamamlayan katılımcılarda 3 aylık bırakma oranı sohbet robotu grubunda %63 iken, sadece metin tabanlı (SmokefreeTXT) grupta %38.5 olarak bulunmuştur (Bricker vd., 2024a).

Motivasyon ve davranış değişimi açısından, sohbet robotları kullanıcının kararsızlığını gidermekte güçlü bir araçtır. Motivasyonel görüşme tekniklerini kullanan robotlar (örneğin Roby ve MIBot), kullanıcıların sigara bırakmanın önemine dair algılarını güçlendirmekte ve davranış değişimini tetiklemektedir (He vd., 2024; Zhu vd., 2025). Kullanıcılar, robotla yaptıkları kısa görüşmeler sonrasında bile sigarayı bırakma niyetlerinde artış olduğunu ifade etmişlerdir (He vd., 2024). Özellikle açık uçlu sorulara üretken yansıtma yaparak dinamik yanıtlar veren robotlar, statik ve yansıtma yapmayan sistemlere kıyasla daha yüksek bir empati algısı yaratmakta ve kullanıcının bırakma niyetini anlamlı ölçüde artırmaktadır; ancak kişilerin öz yeterliliklerini (bırakabileceğine olan inancı) artırmada hastaya sadece doğru soruları sormanın bile tek başına oldukça etkili olduğu görülmüştür (Brown vd., 2023). Sohbet botu teknolojisi zaman veya mekan kısıtlamaları olmaksızın yardımcı bir araç olarak devam eden müdahaleleri kolaylaştırabilmektedir. Ayrıca, gelecekteki araştırmalar, yalnızca daha gelişmiş deneysel çalışmalar değil, aynı zamanda etik kaygıları gidermek için teknik iyileştirmeler de gerektirmektedir (Lee, vd., 2024).

Kullanıcı etkileşimi ve bağlılık konusu ise iki yönlü bir tablo çizmektedir. İlk başlarda, sohbet robotlarına yüksek bir ilgi gösterilmekte; etkileşim süreleri ve mesaj sayısı, standart bakıma veya metin tabanlı gruplara göre çok daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır (Olano-Espinosa vd., 2022). Ancak zamanla azalan yenilik etkisi nedeniyle etkileşim oranlarında kademeli bir düşüş yaşanmaktadır (He vd., 2025). Ayrıca, kullanıcıların açık uçlu sorularına yeterince mantıklı cevap alınamadığında veya robot bağlamı yanlış anladığında, hastaların sistemden koptukları ve hayal kırıklığı yaşadıkları görülebilmektedir (Bricker vd., 2024a; Bendotti vd., 2024b). Buna rağmen, etkileşimi kişiselleştiren ve empati yeteneği yüksek olan robotlar, hastaların sistemi daha fazla benimsemesini sağlamakta ve geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek bir terapötik ittifak hissi yaratmaktadır (Bricker vd., 2024a; He vd., 2024). Yine de mevcut teknolojilerin hastalarla gerçek ve uzun vadeli insani bir bağ kurma kapasitesinin hala orta düzeyde ve geliştirilmeye açık olduğu unutulmamalıdır (He vd., 2025).

Sonuç ve Öneriler

Sigara bırakmada sohbet botu tabanlı dijital müdahaleler, sınırlı ama umut verici bir kanıt tabanına sahiptir. Hem sistematik derlemeler hem de bireysel randomize kontrollü denemeler, sohbet botu geleneksel bakımla karşılaştırıldığında bırakma oranlarını anlamlı ölçüde artırabildiğine işaret etmektedir. Bu sistemlerin erişilebilirlik, kişiselleştirme, ölçeklenebilirlik ve anonimlik açısından sunduğu avantajlar, büyük nüfuslara hizmet götürme konusundaki geleneksel kısıtlamaları önemli ölçüde aşma potansiyeli taşımaktadır.

Bununla birlikte, mevcut kanıt tabanının kısıtlılığı göz ardı edilmemelidir. Yüksek kayıp oranları, metodolojik heterojenlik ve uzun vadeli etkinliğe ilişkin veri yetersizliği, sohbet botlarının sigara bırakma müdahalelerindeki kesin rolünü belirlemek için daha fazla araştırmanın zorunlu olduğunu göstermektedir. Büyük dil modellerinin bu alana entegrasyonu, sohbet botlarının kapasitesini dönüştürücü bir düzeyde artırmakta; ancak klinik güvenilirlik, rehberlere uygunluk ve olası zararlara ilişkin endişeleri de beraberinde getirmektedir. Sohbet botlarının sigara bırakmadaki rolü, tek başına bir çözüm olmaktan öte, mevcut klinik ve davranışsal müdahalelere değer katan tamamlayıcı bir araç olarak konumlandırılmalıdır. Sağlık kuruluşları ve klinisyenler, sohbet robotlarını geleneksel tedavilere bir rakip olarak değil, destekleyici bir araç olarak standart klinik iş akışlarına entegre edilmelidir.

Kaynakça

Peter, J. P., Olson, J. C. ve Grunert, K. G. (1999). *Consumer Behavior and Marketing*. London: McGraw-Hill.

Abroms, L. C., Wysota, C. N., Yousefi, A., Wu, T.-C. ve Broniatowski, D. A. (2025a). "ChatGPT-Based Chatbot for Help Quitting Smoking via Text Messaging: An Interventional Study". *JMIR Formative Research*, 9: e79402.

Abroms, L. C., Yousefi, A., Wysota, C. N., Wu, T.-C. ve Broniatowski, D. A. (2025b). "Assessing the Adherence of ChatGPT Chatbots to Public Health Guidelines for Smoking Cessation: Content Analysis". *Journal of Medical Internet Research*, 27: e66896.

Arsenijevic, U., & Jovic, M., 2019, *Artificial intelligence marketing: chatbots,* In 2019 international conference on artificial intelligence: applications and innovations (IC-AIAI), pp. 19-193, IEEE.

Bendotti, H., Lawler, S., Chan, G. C. K., Gartner, C., Ireland, D. ve Marshall, H. M. (2023). "Conversational artificial intelligence interventions to support smoking cessation: A systematic review and meta-analysis". *Digital Health*, 9: 20552076231211634.

Bendotti, H., Ireland, D., Lawler, S., Oates, D., Gartner, C. ve Marshall, H. M. (2024a). "Introducing Quin: The Design and Development of a Prototype Chatbot to Support Smoking Cessation". *Nicotine and Tobacco Research*, 26(5): 612-620.

Bendotti, H., Lawler, S., Ireland, D., Gartner, C. ve Marshall, H. M. (2024b). "Co-Designing a Smoking Cessation Chatbot: Focus Group Study of End Users and Smoking Cessation Professionals". *JMIR Human Factors*, 11: e56505.

Boggiss, A., Consedine, N., Hopkins, S., Silvester, C., Jefferies, C., Hofman, P., & Serlachius, A., 2023, Improving the well-being of adolescents with type 1 diabetes during the COVID-19 pandemic: qualitative study exploring acceptability and clinical usability of a self-compassion chatbot, *JMIR diabetes*, 8(1), e40641.

Bricker, J. B., Sullivan, B., Mull, K., Santiago-Torres, M. ve Lavista Ferres, J. M. (2024a). "Conversational Chatbot for Cigarette Smoking Cessation: Results From the 11-Step User-Centered Design Development Process and Randomized Controlled Trial". *JMIR mHealth and uHealth*, 12: e57318.

Brown, A., Kumar, A. T., Melamed, O., Ahmed, I., Wang, Y. H., Deza, A., Morcos, M., Zhu, L., Maslej, M., Minian, N., Sujaya, V., Wolff, J., Doggett, O., Iantorno, M., Ratto, M., Selby, P. ve Rose, J. (2023). "A Motivational Interviewing Chatbot With Generative Reflections for Increasing Readiness to Quit Smoking: Iterative Development Study". *JMIR Mental Health*, 10: e49132.

Chen, J., Hu, R.-Z., Zhuang, Y.-X., Zhang, J.-Q., Shan, R., Yang, Y. ve Liu, Z. (2025). "Natural Language Processing Chatbot–Based Interventions for Improvement of Diet, Physical Activity, and Tobacco Smoking Behaviors: Systematic Review". *JMIR mHealth and uHealth*, 13: e66403.

Cobos-Campos, R., Cordero-Guevara, J. A., Apiñaniz, A., Sáez de Lafuente, A., Bermúdez Ampudia, C., Argaluza Escudero, J., Pérez Llanos, I. ve Parraza Diez, N. (2023). "The Impact of Digital Health on Smoking Cessation". *Interactive Journal of Medical Research*, 12: e41182.

Deepika, V., Jodalli, P. S. ve Avinash, B. R. (2025). "The role of chatbots and virtual assistants in enhancing tobacco cessation counselling". *Frontiers in Digital Health*, 7: 1503227.

Guo, Y.-Q., Chen, Y., Dabbs, A. D. ve Wu, Y. (2023). "The Effectiveness of Smartphone App–Based Interventions for Assisting Smoking Cessation: Systematic Review and Meta-analysis". *Journal of Medical Internet Research*, 25: e43242.

He, L., Basar, E., Krahmer, E., Wiers, R. ve Antheunis, M. (2024). "Effectiveness and User Experience of a Smoking Cessation Chatbot: Mixed Methods Study Comparing Motivational Interviewing and Confrontational Counseling". *Journal of Medical Internet Research*, 26: e53134.

He, L., Basar, E., Wiers, R. W., Antheunis, M. L. ve Krahmer, E. (2025). "Chatting your way to quitting: A longitudinal exploration of smokers' interaction with a cessation chatbot". *Internet Interventions*, 39: 100806.

Lee, S., Yoon, J., Cho, Y. ve Chun, J. (2024). "A systematic review of chatbot-assisted interventions for substance use". *Frontiers in Psychiatry*, 15: 1456689.

Liu, Y., Calle, P., Vadakekut, M., Rubin, D., Nagykaldi, Z., Doescher, M., Hightow-Weidman, L., Pan, C., & Shao, R. (2025). AI-Enabled Personalized Smoking Cessation Intervention With the Aipaca Chatbot: Mixed Methods Feasibility Study. *JMIR Formative Research*, 9, e73319

Olano-Espinosa, E., Avila-Tomas, J. F., Minue-Lorenzo, C., Matilla-Pardo, B., Serrano Serrano, M. E., Martinez-Suberviola, F. J., Gil-Conesa, M., Del Cura-González, I. ve Dejal@ Group. (2022). "Effectiveness of a Conversational Chatbot (Dejal@bot) for the Adult Population to Quit Smoking: Pragmatic, Multicenter, Controlled, Randomized Clinical Trial in Primary Care". *JMIR mHealth and uHealth*, 10(6): e34273.

Olawade, D. B. ve Aienobe-Asekharen, C. A. (2025). "Artificial intelligence in tobacco control: A systematic scoping review of applications, challenges, and ethical implications". *International Journal of Medical Informatics*, 202: 105987.

Weng, X., Yin, H., Liu, K., Song, C., Xie, J., Guo, N. ve Wang, M. P. (2024). "Chatbot-Led Support Combined With Counselor-Led Support on Smoking Cessation in China: Protocol for a Pilot Randomized Controlled Trial". *JMIR Research Protocols*, 13: e58636.

Zhang, J., Oh, Y.J., Lange, P., Yu, Z., & Fukuoka, Y., 2020, Artificial intelligence chatbot behavior change model for designing artificial intelligence chatbots to promote physical activity and a healthy diet, *Journal of medical Internet research*, 22(9), e22845.

Zhu, J., Dong, A., Wang, C., Veldhuizen, S., Abdelwahab, M., Brown, A., Selby, P. ve Rose, J. (2025). "The Impact of ChatGPT Exposure on User Interactions With a Motivational Interviewing Chatbot: Quasi-Experimental Study". *JMIR Formative Research*, 9: e56973.

HEMŞİRELİK PERSPEKTİFİNDEN SÜRDÜRÜLEBİLİR SAĞLIK POLİTİKALARI: KAVRAMSAL TEMELLER, KÜRESEL KANITLAR VE TÜRKİYE İÇİN POLİTİKA ÖNERİLERİ

SUSTAINABLE HEALTH POLICIES FROM A NURSING PERSPECTIVE: CONCEPTUAL FOUNDATIONS, GLOBAL EVIDENCE AND POLICY RECOMMENDATIONS FOR TURKEY

Arş. Gör. Safa YALÇIN[1]
Arş. Gör. Seher DÖNER[2]

Özet

Sürdürülebilir sağlık politikaları; kaynakları verimli kullanan, nesiller arası eşitliği gözeten ve uzun vadeli sağlık gereksinimlerini karşılayan bütüncül yaklaşımlar bütünüdür. Hemşireler, dünya genelinde sağlık iş gücünün yarısından fazlasını oluşturmakta ve sürdürülebilir sağlık sistemlerinin inşasında kilit bir rol üstlenmektedir. Bu derleme çalışması; sürdürülebilir sağlık politikası kavramının kökenlerini ve kuramsal çerçevesini, küresel hemşire iş gücü verilerini, Türkiye'nin sağlık sistemi dönüşüm sürecini ve hemşirelerin politika süreçlerine katılımını ele almayı amaçlamaktadır. Mevcut literatür ve uluslararası kuruluşların politika belgelerinin incelenmesiyle yürütülen bu çalışmada; hemşire istihdamının artırılması, eğitim kalitesinin yükseltilmesi, politika yapım süreçlerine aktif katılımın sağlanması ve mesleki örgütlenmenin güçlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Sürdürülebilir sağlık sistemleri için hemşirelik liderliğinin güçlendirilmesi vazgeçilmez bir öncelik olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: sürdürülebilir sağlık politikası, hemşirelik, sağlık iş gücü, derleme, Türkiye

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, safa.yalcin@bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, seher.doner@yobu.edu.tr

Abstract

Sustainable health policies are comprehensive approaches that use resources efficiently, consider intergenerational equity and meet long-term health needs. Nurses constitute more than half of the global health workforce and play a key role in building sustainable health systems. This review article aims to address the origins and theoretical framework of the concept of sustainable health policy, global nursing workforce data, Turkey's health system transformation process and nurses' participation in policy processes. Conducted through a review of existing literature and policy documents from international organizations such as WHO, OECD and ICN, this study concludes that nurse employment should be increased, education quality improved, active participation in policy-making processes ensured and professional organization strengthened. Strengthening nursing leadership is regarded as an indispensable priority for sustainable health systems.

Keywords: sustainable health policy, nursing, health workforce, review, Turkey

1. Giriş

Sürdürülebilirlik kavramı, 1987 yılında Birleşmiş Milletler bünyesinde yayımlanan Brundtland Raporu ile küresel gündemin odağına yerleşmiştir. Raporun temel katkısı; sürdürülebilir kalkınmayı 'bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama kapasitesinden ödün vermeksizin karşılayan kalkınma' olarak tanımlamasıdır (WCED, 1987). Bu tanımın sağlık literatürüne yansıması, sağlık sistemlerinin de nesiller arası bir sorumluluk çerçevesinde ele alınmasını zorunlu kılmıştır.

Günümüzde sağlık sistemleri; hızla yaşlanan nüfus, kronik hastalık yükünün artışı, iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri (Landrigan ve diğ., 2018) ve COVID-19 pandemisinin derinleştirdiği sistemik kırılganlıklar nedeniyle benzeri görülmemiş baskılarla karşı karşıyadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), sürdürülebilir sağlık sistemini; bireylere ve topluluklara ihtiyaç duydukları hizmetleri sunabilecek yeterlilikte sağlık iş gücüne, altyapıya ve finansmana sahip olan sistem olarak tanımlamaktadır (WHO, 2020a).

Hemşireler, bu bağlamda sağlık sisteminin omurgasını oluşturmaktadır. DSÖ'nün 2020 tarihli 'State of the World's Nursing' raporu; dünya genelinde yaklaşık 27,9 milyon hemşirenin sağlık iş gücünün yüzde ellisinden fazlasını teşkil ettiğini ortaya koymuştur (WHO, 2020a). Ne var ki hemşire sayısındaki bu görece büyüklük, eşit coğrafi dağılım veya yeterli istihdam anlamına gelmemektedir. Küresel ölçekte öngörülen 5,9 milyon hemşire açığı; sürdürülebilir sağlık hizmetlerine erişimi tehdit eden yapısal bir sorun olarak gündemdeki yerini korumaktadır.

Türkiye, 2003 yılından itibaren hayata geçirilen Sağlıkta Dönüşüm Programı (SDP) ile sağlık alanında kapsamlı reformlar gerçekleştirmiş ve bu süreçte hemşire sayısını kayda değer ölçüde artırmıştır. Bununla birlikte OECD verileri, Türkiye'deki binde 2,9 hemşire yoğunluğunun OECD ortalamasının (binde 9,2) oldukça gerisinde kaldığını göstermektedir (OECD, 2023). Bu açık, yalnızca niceliksel bir sorun olmayıp, hemşirelerin politika yapım süreçlerindeki temsil yetersizliği, eğitim kalitesindeki standardizasyon eksikliği ve mesleki örgütlenme kapasitesinin sınırlılığını da kapsayan çok boyutlu yapısal bir sorundur.

Bu derleme çalışması; sürdürülebilir sağlık politikası kavramını hemşirelik perspektifinden ele almayı, küresel kanıtları sistematik biçimde derlemeyi ve Türkiye özelinde uygulanabilir politika önerileri geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın temel katkısı; farklı disiplinlerdeki literatürü ve politika belgelerini hemşirelik odaklı bir çerçeve içinde sentezlemesidir.

2. Yöntem

Bu çalışma, mevcut literatürün ve uluslararası politika belgelerinin incelenmesine dayanan niteliksel bir derleme olarak tasarlanmıştır. Literatür taraması; PubMed, Web of Science ve Google Scholar elektronik veri tabanlarında yayımlanmış çalışmaları kapsamakta olup Türkçe yayınlar için YÖK Ulusal Tez Merkezi'ne de başvurulmuştur.

Taramada kullanılan başlıca anahtar kelimeler şunlardır: "sustainable health policy", "nursing workforce", "health policy nursing", "nurse staffing outcomes", "nursing leadership policy", "Türkiye hemşirelik politikası". Çalışmaya dahil edilen kaynaklar; hemşirelik veya sağlık iş gücünü merkeze alan, Türkçe ya da İngilizce yazılmış yayınlardan oluşmaktadır. Politika belgesi incelemesi kapsamında DSÖ raporları, ICN stratejik planları, OECD Sağlık İstatistikleri ve T.C. Sağlık Bakanlığı yayınları ele alınmıştır.

Derleme dört temel eksen çerçevesinde yapılandırılmıştır: (1) sürdürülebilirlik kuramsal çerçevesi, (2) küresel hemşire iş gücü verileri, (3) Türkiye'nin sağlık sistemi dönüşümü ve (4) politika katılım mekanizmaları.

3. Kavramsal Çerçeve: Sürdürülebilir Sağlık Politikası

3.1. Kavramın Kökenleri ve Tanımı

Sürdürülebilir sağlık politikası kavramı, Brundtland Raporu'nun öngördüğü nesiller arası sorumluluk ilkesinin sağlık sistemlerine uyarlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Prüss-Üstün ve arkadaşları (2016), sürdürülebilir sağlık politikasını; sağlık sonuçlarını iyileştirirken çevresel ve mali kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltan, hem mevcut hem de gelecek kuşakların sağlık gereksinimlerini gözeten politikalar bütünü olarak tanımlamaktadır.

Sürdürülebilir sağlık sistemlerinin üç temel boyutu bulunmaktadır. Birinci boyut finansal sürdürülebilirliktir; sağlık finansmanının uzun vadeli yönetilebilirliğini ve evrensel sağlık kapsamını ifade etmektedir. İkinci boyut iş

gücü sürdürülebilirliğidir; yeterli sayıda, nitelikli ve dengeli dağılmış sağlık personelinin sürekliliğini kapsamaktadır. Üçüncü boyut ise çevresel sürdürülebilirliktir; sağlık hizmetlerinin çevresel ayak izinin minimize edilmesini amaçlamaktadır. Bu üç boyutun kesişim noktasında hemşirelik mesleği, her biriyle doğrudan ilişkili olduğu için ayrıcalıklı bir konum işgal etmektedir.

Birleşmiş Milletler'in 2015 yılında benimsediği Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) çerçevesinde 3. Hedef olan 'Sağlıklı Yaşam ve İyi Olma Hali', Evrensel Sağlık Kapsamı'nı (ESK) 2030 yılına kadar elde edilmesi gereken temel hedef olarak belirlemiştir (United Nations, 2015). DSÖ, bu hedefe ulaşmak için 2030 yılına kadar 18 milyon ek sağlık çalışanına gereksinim duyulduğunu ve bu açığın büyük bölümünün hemşirelik alanında olduğunu vurgulamaktadır (WHO, 2016).

3.2. Hemşirelerin Sürdürülebilir Sağlık Sistemlerindeki Rolü

Hemşireler, sağlık hizmetlerinin koruyucu, tedavi edici, rehabilite edici ve destekleyici boyutlarında aynı anda işlev gören sağlık profesyonelleridir. International Council of Nurses'ın (ICN) yayımladığı 2021-2025 Stratejik Planı; hemşirelerin hizmet sunucusu kimliğinin ötesinde politika geliştirici ve değişim öncüsü olarak konumlandırılması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır (ICN, 2021). Bu çerçevede hemşirelik mesleğinin sürdürülebilir sağlık sistemlerine katkısı üç düzeyde gerçekleşmektedir.

Klinik düzeyde hemşireler; kronik hastalık yönetimi, primer koruma ve sağlık eğitimi aracılığıyla önlenebilir hastane yatışlarını azaltmakta, dolayısıyla sağlık harcamalarının kontrol altında tutulmasına katkıda bulunmaktadır (Laurant ve diğ., 2018). Sistem düzeyinde ise hemşire-hasta oranları, bakım kalitesi ve hasta güvenliği arasındaki ilişkiyi inceleyen Aiken ve arkadaşlarının (2014) büyük ölçekli çalışması; hasta başına düşen hemşire sayısındaki her bir birim artışın, 30 günlük hastane içi mortaliteyi istatistiksel olarak anlamlı biçimde azalttığını kanıtlamıştır. Politika düzeyinde ise hemşirelerin karar alma süreçlerine aktif katılımı; sağlık politikalarının klinik gerçeklikle örtüşmesini sağlayan vazgeçilmez bir mekanizma işlevi görmektedir (Salvage ve White, 2019).

4. Küresel Hemşire İş Gücü Verileri ve Sürdürülebilirlik

4.1. Mevcut Durum ve Öngörülen Açıklar

DSÖ'nün 2020 tarihli kapsamlı raporu; dünya genelinde 27,9 milyon hemşire bulunduğunu ve 2013-2018 döneminde bu sayının 4,7 milyon artış gösterdiğini ortaya koymaktadır (WHO, 2020a). Ancak bu artışa karşın küresel hemşire açığının 5,9 milyon düzeyinde seyrettiği ve bu açığın öncelikle Afrika, Güneydoğu Asya ve Doğu Akdeniz bölgelerini etkilediği görülmektedir. Söz konusu açık hem niceliksel hem niteliksel boyutlar içermekte; yetersiz eğitim altyapısı, düşük ücretler, meslekten ayrılma (burnout) ve uluslararası göç gibi sorunlar bu açığı daha da derinleştirmektedir (Buchan ve Aiken, 2008).

OECD'nin 2023 yılı verileri, ülkeler arasındaki uçurumu somut biçimde gözler önüne sermektedir. Norveç ve Finlandiya gibi ülkeler binde 18'i aşan hemşire yoğunluğuyla öne çıkarken Türkiye, Kolombiya ve Meksika binde 3'ün altında kalmaktadır (OECD, 2023). Tablo 1, seçilmiş ülkelere ait bu karşılaştırmalı verileri sunmaktadır.

Tablo 1. Seçilmiş Ülkelerde Hemşire Yoğunluğu (Binde Kişi Başına, 2021)

Ülke	Hemşire (Binde Kişi Başına)	Kaynak
Norveç	18,4	OECD, 2023
Finlandiya	18,2	OECD, 2023
İsviçre	17,8	OECD, 2023
Almanya	13,1	OECD, 2023
OECD Ortalaması	9,2	OECD, 2023
Türkiye	2,9	OECD, 2023

4.2. Hemşire-Hasta Oranı ve Hasta Sonuçları

Hemşire istihdamı ile hasta sonuçları arasındaki ilişkiyi inceleyen en kapsamlı kanıtlardan birini sunan Aiken ve arkadaşlarının (2014) RN4CAST çalışması; dokuz Avrupa ülkesindeki 300 hastane ve 422.730 hastayı kapsayan retrospektif bir analiz niteliği taşımaktadır. Araştırma bulguları; hemşire başına düşen hasta sayısındaki her bir birim artışın yüzde yedi mortalite artışıyla ilişkili olduğunu ortaya koymuş, hemşirelerin lisans mezunu olduğu her yüzde on artışın ise mortaliteyi yüzde yedi oranında azalttığını kanıtlamıştır. Bu bulgular; hemşire istihdamına yapılan yatırımın hem hasta güvenliği hem de ekonomik açıdan maliyet-etkin bir strateji olduğunu açıkça göstermektedir.

Benzer sonuçlar başka araştırmacılar tarafından da desteklenmiştir. Nantsupawat ve arkadaşlarının (2017) Tayland'da yürüttüğü çalışma; iş yükünün fazla olduğu ve tükenmişlik yaşayan hemşirelerin bulunduğu ortamlarda hastane kaynaklı enfeksiyon oranlarının, hasta düşme vakalarının ve ilaç hatalarının belirgin biçimde arttığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, nitelikli hemşire istihdamının sağlık sisteminin sürdürülebilirliği açısından yalnızca etik bir sorumluluk değil, aynı zamanda sistemik bir zorunluluk olduğunu gözler önüne sermektedir.

4.3. Hemşirelerin Politika Süreçlerine Katılımı: Küresel Tablo

Salvage ve White'ın (2019) temel argümanı; hemşirelerin politika kararlarından etkilenen en büyük sağlık meslek grubu olmalarına karşın bu kararların alındığı platformlarda en az temsil edilen grup olmaya devam ettiğidir. Yazarlara göre bu paradoks hem yapısal hem de kültürel engellerden beslenmektedir: tarihsel güç eşitsizlikleri, eğitim müfredatlarındaki politika okuryazarlığı boşlukları ve hemşirelik örgütlerinin yetersiz finansmanı bu engellerin başında gelmektedir.

Bu tabloya karşın başarılı örnekler de dikkat çekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde Institute of Medicine'in (IOM) 2010 yılında yayımladığı 'The Future of Nursing: Leading Change, Advancing Health' başlıklı rapor; hemşirelerin lisans ve lisansüstü düzeyde eğitim almasını, doktora ile ileri uygulama rollerini genişletmesini ve sağlık kurulları ile komitelerde fiilen yer almasını zorunlu kılmıştır (IOM, 2010). Bu rapor doğrultusunda hayata geçirilen Campaign for Action girişimi, hemşire liderliğinin politika süreçlerine entegrasyonunda önemli ilerlemeler kaydedilmesine zemin hazırlamıştır.

5. Türkiye'nin Sağlık Sistemi Dönüşümü ve Hemşirelik

5.1. Sağlıkta Dönüşüm Programı'nın Hemşireliğe Etkileri

Türkiye, 2003 yılında başlayan Sağlıkta Dönüşüm Programı ile sağlık sisteminde köklü bir yapısal dönüşüme sahne olmuştur. Tatar ve arkadaşlarının (2011) kapsamlı analizi; reformun ana bileşenlerini Genel Sağlık Sigortası'nın hayata geçirilmesi, aile hekimliği modelinin ülke genelinde yaygınlaştırılması ve kamusal hastane yönetiminin yeniden yapılandırılması olarak ortaya koymaktadır. Bu reformların sonucunda bebek ölüm hızı, anne ölümlülüğü ve yaşam beklentisi gibi temel sağlık göstergelerinde kayda değer iyileşmeler yaşanmıştır.

Hemşirelik iş gücü açısından değerlendirildiğinde, hemşire sayısının 2002'deki yaklaşık 70.000 düzeyinden 2023 yılında yaklaşık 200.000'in üzerine çıktığı görülmektedir. Bu olumlu gelişmeye karşın OECD'nin güncel verileri (2023), Türkiye'deki binde 2,9 hemşire yoğunluğunun OECD ortalaması olan binde 9,2'nin oldukça gerisinde kaldığını açıkça ortaya koymaktadır. Söz konusu açık, salt sayısal bir yetersizliğin ötesine geçmekte; eğitimdeki kalite farklılıkları, ücret dengesizlikleri ve hemşire retansiyonunu zorlaştıran iş yükü sorunlarını da kapsamaktadır.

5.2. Hemşirelik Eğitiminin Mevcut Durumu

Türkiye'de hemşirelik lisans eğitimi büyük ölçüde üniversitelere taşınmış olsa da program kalitesi kurumdan kuruma önemli farklılıklar göstermektedir. Hemşirelik alanında 200'ü aşkın lisans programının varlığına karşın bu programlar arasında standart bir müfredat bulunmamaktadır. Duygusal emek, klinik liderlik, sağlık politikası ve savunuculuk gibi kritik içerikler, müfredatlarda yetersiz yer bulmaktadır. Oysa IOM (2010) raporunun da güçlü biçimde vurguladığı üzere, hemşirelerin lisans ve lisansüstü eğitimi bu boyutları sistematik ve zorunlu bir bileşen olarak içermek durumundadır.

Yüksek lisans ve doktora düzeyindeki hemşire sayısının yetersizliği, hemşirelik araştırma kapasitesini ve politika geliştirme süreçlerine katkı potansiyelini ciddi ölçüde kısıtlamaktadır. Kıyaslamalı bir çerçeveden bakıldığında, İngiltere ve Avustralya gibi ülkelerde hemşirelerin araştırma, eğitim ve politika danışmanlığı gibi ileri rolleri üstlenebildiği görülmektedir (Maier ve diğ., 2017). Türkiye'de ise bu rollerin kurumsal zemine oturtulması için kapsamlı yapısal dönüşümlere gereksinim duyulmaktadır.

5.3. Hemşirelerin Politika Mekanizmalarındaki Yeri

Türkiye'de Sağlık Bakanlığı bünyesinde çeşitli danışma kurulları ve teknik komiteler faaliyet göstermekle birlikte hemşirelerin bu yapılardaki temsili oldukça sınırlı kalmaktadır. Stratejik kararlar çoğunlukla tıp kökenli bürokratlar tarafından alınmakta; hemşirelerin mesleki perspektifi ise yeterince yansıtılamamaktadır. Salvage ve White'ın (2019) geliştirdiği çerçeve, bu durumu yapısal bir sorun olarak nitelendirmekte ve çözüm için hem bireysel savunuculuk becerilerinin hem de örgütsel kapasitesinin birlikte güçlendirilmesinin zorunluluğunu vurgulamaktadır.

Türkiye Hemşireler Derneği (THD), mesleği temsil eden başlıca kuruluş olma işlevini sürdürmektedir. Ne var ki pek çok gelişmiş ülkedeki hemşirelik dernekleriyle kıyaslandığında kaynak kapasitesi ve siyasi etki bakımından önemli bir açık göze çarpmaktadır. ICN'nin (2021) stratejik planı, bu durumu küresel bir sorun olarak tanımlamakta ve hemşirelik örgütlerinin güçlendirilmesini sistemsel sürdürülebilirlik için vazgeçilmez bir ön koşul olarak öncelikli gündem maddeleri arasına almaktadır.

6. Tartışma

Derleme kapsamında incelenen kanıtlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, sürdürülebilir sağlık politikalarının inşasında hemşireliğin tartışmasız merkezî bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Bu genel tespitin yanı sıra üç temel gerilim dikkat çekmektedir.

Birinci gerilim, nicelik ile nitelik arasındaki denge sorunudur. Yalnızca hemşire sayısını artırmak, sürdürülebilirliği güvence altına almak için yeterli değildir; eğitimin kalitesi, hemşire retansiyonu ve beceri karması da eşit derecede belirleyicidir. Nitekim Türkiye, hemşire sayısını önemli ölçüde artırmış olmakla birlikte binde 2,9 hemşire yoğunluğuyla OECD ortalamasının (binde 9,2) çok gerisinde kalmaya devam etmektedir (OECD, 2023). Bu açığın kapatılması için yalnızca nicel büyüme değil, niteliksel dönüşüm de zorunludur.

İkinci gerilim, klinik pratik ile politika etkisi arasındaki kopukluktur. Gündelik bakım yükü altında olan hemşirelerin politika yapım mekanizmalarına anlamlı bir katkı sunması, kurumsal destek ve yapısal zaman ayrılmadan mümkün değildir. IOM'un (2010) Future of Nursing raporu bu gerilimi çözmeye yönelik kapsamlı bir model sunmaktadır: hemşirelerin liderlik pozisyonlarında temsil edilmesini zorunlu kılan politikalar, bu kopukluğu gidermede işlevsel bir yol sunmaktadır.

Üçüncü gerilim ise küresel ile yerel arasındaki uyumsuzluktur. DSÖ ve ICN'nin küresel çerçeveleri genel ilkeler ortaya koyarken bunların ulusal bağlamlara çevrilmesi ülkeye özgü siyasi, ekonomik ve kültürel faktörleri zorunlu olarak dikkate almak durumundadır. Türkiye için bu; hemşire örgütlerinin daha güçlü bir sesle temsil edilmesini ve yükseköğretim kurumlarıyla Sağlık Bakanlığı arasında daha etkin bir koordinasyon mekanizmasının kurulmasını gerektirmektedir.

COVID-19 pandemisi bu dengeleri dramatik biçimde açığa çıkarmıştır. Hemşirelerin yoğun bakım ünitelerindeki kritik rolleri görünür hale gelirken uzun saatler, yetersiz koruyucu ekipman ve yönetim süreçlerine katılım eksikliği nedeniyle artan tükenmişlik ve meslek terk oranları, yapısal sorunları tüm boyutlarıyla gözler önüne sermiştir (Lasater ve diğ., 2021). Pandemi sonrası dönem, hemşirelik politikasında yapısal reformlar için tarihî bir dönüşüm fırsatı sunmaktadır.

7. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu derleme; sürdürülebilir sağlık politikalarının hemşirelik mesleğini çok boyutlu ve merkezi bir aktör olarak konumlandırmadan tasarlanamayacağını ve kalıcı biçimde uygulamaya konulamayacağını açıkça ortaya koymaktadır. Hem küresel kanıtların hem de Türkiye'ye özgü değerlendirmelerin ışığında aşağıdaki politika önerileri geliştirilmiştir.

İlk öneri, hemşire istihdamında kanıta dayalı standartların belirlenmesidir. Hemşire başına düşen hasta sayısına ilişkin minimum düzenleyici standartlar, sağlık sistemi mevzuatına kazınmalı ve kademeli işe alım planları aracılığıyla hayata geçirilmelidir. Bu süreçte kırsal ve kentsel bölgeler arasındaki hemşire dağılımındaki eşitsizliklerin giderilmesi özellikle önceliklendirilmelidir.

İkinci öneri, hemşirelik eğitiminin standardizasyonu ve yükseltilmesidir. Politika geliştirme, klinik liderlik ve savunuculuk gibi içerikleri zorunlu bileşen olarak içeren ulusal bir müfredat çerçevesi oluşturulmalıdır. Lisansüstü hemşire sayısının artırılması için yapısal teşvikler ve burs programları hayata geçirilmelidir. Hemşirelik araştırmalarına ayrılan fonlar, hemşirelerin akademik üretkenliğini artıracak biçimde güçlendirilmelidir.

Üçüncü öneri, hemşirelerin politika yapım mekanizmalarına katılımının kurumsal güvenceye alınmasıdır. Sağlık Bakanlığı'na bağlı danışma kurullarında ve teknik komitelerde hemşire temsilcilerinin yer alması yasal bir zorunluluk haline getirilmelidir. Bunun yanı sıra Türkiye Hemşireler Derneği'nin kapasite inşasına yönelik kamu finansmanı sağlanmalıdır.

Dördüncü öneri, hemşire retansyonunu güçlendirmeye yönelik çalışma koşullarının iyileştirilmesidir. Ücret yapılarının rekabetçi biçimde gözden geçirilmesi, mesleki gelişim olanak larının zenginleştirilmesi ve hemşire tükenmişliğini önlemeye yönelik kurumsal programların uygulamaya konulması bu başlık altında ele alınmalıdır (Hayes ve diğ., 2012). Hemşirelerin iş yükü standartlarına uyum, bağımsız denetim mekanizmaları aracılığıyla düzenli olarak izlenmelidir.

Beşinci öneri, hemşirelik araştırma kapasitesinin güçlendirilmesidir. Türkiye'ye özgü hemşire istihdam modellerinin hasta sonuçları üzerindeki etkisini ölçen araştırmalara ulusal düzeyde kaynak aktarılmalıdır. Elde edilen bulgular politika döngülerine sistematik biçimde beslenmelidir.

Sonuç olarak bu derleme; Brundtland Raporu'nun 'bugünün gereksinimlerini karşılarken gelecek kuşakların kapasitesini koruma' ilkesinin sağlık sistemleri için de geçerli olduğunu açıkça göstermektedir. Hemşirelere yapılan yatırım; bugünün hastalarına daha iyi bakım sunmak ve sürdürülebilir, dirençli sağlık sistemlerine sahip bir gelecek inşa etmek için eş zamanlı olarak zorunludur.

Kaynakça

Aiken, L. H., Sloane, D. M., Bruyneel, L., Van den Heede, K., Griffiths, P., Busse, R., Diomidous, M., Kinnunen, J., Kózka, M., Lesaffre, E., McHugh, M. D., Moreno-Casbas, M. T., Rafferty, A. M., Schwendimann, R., Scott, P. A., Tishelman, C., Van Achterberg, T. ve Sermeus, W. (2014). "Nurse staffing and education and hospital mortality in nine European countries: A retrospective observational study". *The Lancet,* 383(9931): 1824-1830.

ICN (International Council of Nurses). (2021). *ICN Strategic Plan 2021-2025.* Geneva: ICN.

IOM (Institute of Medicine). (2010). *The Future of Nursing: Leading Change, Advancing Health.* Washington, D.C.: The National Academies Press.

OECD. (2023). *Health at a Glance 2023: OECD Indicators.* Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/7a7afb35-en

Prüss-Üstün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. ve Neira, M. (2016). *Preventing Disease Through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks.* Geneva: World Health Organization.

Salvage, J. ve White, J. (2019). "Nursing leadership and health policy: Everybody's business". *International Nursing Review,* 66(2): 147-150. https://doi.org/10.1111/inr.12523

Tatar, M., Mollahaliloğlu, S., Şahin, B., Aydın, S., Maresso, A. ve Hernández-Quevedo, C. (2011). "Turkey: Health system review". *Health Systems in Transition,* 13(6): 1-186.

WCED (World Commission on Environment and Development). (1987). *Our Common Future (The Brundtland Report).* Oxford: Oxford University Press.

WHO (World Health Organization). (2016). *Global Strategy on Human Resources for Health: Workforce 2030.* Geneva: WHO.

WHO (World Health Organization). (2020a). *State of the World's Nursing 2020: Investing in Education, Jobs and Leadership.* Geneva: WHO. ISBN: 9789240003279

WHO (World Health Organization). (2020b). *Global Strategy on Digital Health 2020-2025.* Geneva: WHO.

Buchan, J. ve Aiken, L. (2008). Solving nursing shortages: A common priority. *Journal of Clinical Nursing,* 17(24): 3262-3268. https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2008.02636.x

Hayes, L. J., O'Brien-Pallas, L., Duffield, C., Shamian, J., Buchan, J., Hughes, F., Laschinger, H. K. S., North, N. ve Stone, P. W. (2012). Nurse turnover: A literature review - An update. *International Journal of Nursing Studies,* 49(7): 887-905. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2011.10.001

Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J. I., Breysse, P. N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A. M., Cropper, M. L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., Hanrahan, D., ... Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet,* 391(10119): 462-512. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0

Lasater, K. B., Aiken, L. H., Sl oane, D. M., French, R., Martin, B., Reneau, K., Alexander, M. ve McHugh, M. D. (2021). Chronic hospital nurse understaffing meets COVID-19: An observational study. *BMJ Quality & Safety,* 30(8): 639-647. https://doi.org/10.1136/bmjqs-2020-011512

Laurant, M., van der Biezen, M., Wijers, N., Watananirun, K., Kontopantelis, E. ve van Vught, A. J. A. H. (2018). Nurses as substitutes for doctors in primary care. *Cochrane Database of Systematic Reviews,* 7: CD001271. https://doi.org/10.1002/14651858.CD001271.pub3

Maier, C. B., Aiken, L. H. ve Busse, R. (2017). Nurses in advanced roles in primary care: Policy levers for implementation. *OECD Health Working Papers,* 98: 1-56. https://doi.org/10.1787/a8756593-en

Nantsupawat, A., Nantsupawat, R., Kunaviktikul, W., Turale, S. ve Poghosyan, L. (2017). Nurse burnout, nurse-reported quality of care, and patient outcomes in Thai hospitals. *Journal of Advanced Nursing,* 73(1): 110-120. https://doi.org/10.1111/jan.13143

United Nations. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1).* New York: United Nations. https://doi.org/10.18356/30c16188-en

DİJİTAL DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE DİJİTAL EKONOMİNİN VERGİLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE VE OECD ÜLKELERİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR DEĞERLENDİRME

TAXATION OF THE DIGITAL ECONOMY IN THE PROCESS OF DIGITAL TRANSFORMATION: A COMPARATIVE EVALUATION OF TÜRKİYE AND OECD COUNTRIES

Ebubekir YILMAZ [1]
Dr. Öğr. Üyesi Özlem BAPBACI[2]

Özet

Dijital dönüşüm süreci, devletleri yalnızca teknolojik alanda değil, ekonomik ve mali yapılar açısından da kapsamlı dönüşümler gerçekleştirmeye yöneltmiştir. Geleneksel vergi sistemlerinin temelini oluşturan mevcut vergilendirme ilkelerinin dijital şirketlerin faaliyetlerini kavramada yetersiz kalması, vergi sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda dijitalleşme, vergilendirme süreçlerinde yeni politika araçlarının geliştirilmesini zorunlu hâle getirmiştir. Dijital ekonominin vergilendirilmesine yönelik uluslararası çalışmaların merkezinde, OECD tarafından yürütülen Matrah Aşındırma ve Kâr Aktarımı (BEPS) yer almaktadır. Bu süreç, dijital ekonomide ortaya çıkan vergilendirme sorunlarına küresel düzeyde çözüm üretmeyi amaçlamaktadır. Türkiye, dijital ekonominin vergilendirilmesi ve vergi idaresinin dijitalleşmesi bakımından dikkat çekici bir dönüşüm gerçekleştirmiştir. Bu kapsamda uygulamaya konulan Dijital Hizmet Vergisi ve geliştirilen dijital vergi uygulamaları, vergi gelirlerinin korunması ve denetim kapasitesinin artırılması açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışma, dijital ekonominin vergilendirilmesine yönelik uluslararası gelişmeleri OECD çerçevesinde incelemekte ve Türkiye uygulamasını karşılaştırmalı bir perspektifle değerlendirmektedir. Çalışmada BEPS süreci, İki Sütunlu çözüm yaklaşımı ve Dijital Hizmet Vergisi uygulamaları nitel analiz yöntemi ile ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Dönüşüm, Dijital Ekonomi, BEPS, Dijital Hizmet Vergisi

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 91135025001@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, ozlem.bapbaci@bozok.edu.tr

Abstract

The digital transformation process has led governments to undertake comprehensive changes not only in the technological sphere but also in their economic and fiscal structures. The insufficiency of traditional taxation principles, which form the basis of existing tax systems, in capturing the activities of digital companies has made the restructuring of tax systems necessary. In this context, digitalization has necessitated the development of new policy instruments in taxation processes. International efforts aimed at the taxation of the digital economy are centered on the Base Erosion and Profit Shifting (BEPS) Project carried out by the OECD. This process aims to provide solutions at the global level to the taxation challenges arising from the digital economy. Türkiye has undergone a remarkable transformation in terms of both the taxation of the digital economy and the digitalization of tax administration. In this regard, the Digital Services Tax and the digital tax applications implemented have made significant contributions to the protection of tax revenues and the enhancement of audit capacity. This study examines international developments regarding the taxation of the digital economy within the OECD framework and evaluates the case of Türkiye from a comparative perspective. The study addresses the BEPS process, the Two-Pillar Solution, and Digital Services Tax practices through a qualitative analysis approach.

Keywords: Digital Transformation, Digital Economy, BEPS, Digital Services Tax

1. GİRİŞ

Küresel ekonomik düzenin dönüşümünde belirleyici bir etken hâline gelen dijitalleşme, yalnızca teknolojik bir ilerleme süreci olmanın ötesinde, üretim ilişkilerini, piyasa yapılarını ve devlet-birey arasındaki mali ilişkileri köklü biçimde yeniden biçimlendirmiştir. Gelişen teknoloji, toplumları etkilediği kadar şirketleri ve devletleri de derinden dönüştürmüştür. İnternetin yaygınlaşması, akıllı cihazların gündelik hayata entegrasyonu ve yapay zekâ ile büyük veri analitiğinin ekonomik süreçlere dahil edilmesiyle birlikte ortaya çıkan dijital ekonomi; geleneksel sektörel sınırları ve coğrafi mesafeyi ortadan kaldırmış; değer yaratımının dinamiklerini temelden dönüştürmüştür.

Dijitalleşme ile birlikte şirketler dijital ortamlar üzerinden hizmet üretmeye ve gelir elde etmeye başlamıştır. Bu durum, yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayarak çok daha hızlı, erişilebilir ve esnek bir ekonomik yapının oluşmasını sağlamıştır. Ancak bu dönüşüm, devletlerin kamu gelirleri üzerinde ciddi baskılar oluşturmasına da zemin hazırlamıştır. Zira geleneksel vergilendirme sistemleri; fiziksel varlık, coğrafi kaynak ve maddi işlem gibi somut unsurlara dayanmakta iken, dijital ekonomide faaliyet gösteren şirketler söz konusu kriterlerin hiçbirini karşılamaksızın milyarlarca dolarlık ekonomik değer üretebilmektedir. Büyük dijital platformlar, kullanıcıların bulunduğu ülkelerde herhangi bir fiziksel varlık tesis etmeksizin reklam gelirleri, veri ticareti ve aracılık hizmetleri aracılığıyla önemli kazançlar elde etmekte; bu durum ise vergilendirme yetkisinin hangi devlete ait olduğu sorusunu yanıtsız bırakmaktadır. Ortaya çıkan bu yapısal boşluk, hem vergi tabanlarının erozyona uğramasına hem de uluslararası alanda adil vergilendirme ilkesinin zedelenmesine neden olmaktadır.

Dijital dönüşüm ile birlikte vergi sistemleri hem yapısal hem de idari açıdan kapsamlı bir değişim sürecine girmiştir. Dijital şirketlerin faaliyetlerinden elde edilen gelirlerin vergilendirilmesine yönelik yeni politika araçları geliştirilmiş; uluslararası düzeyde koordinasyon sağlanmaya çalışılırken bu sürecin merkezinde OECD bünyesinde yürütülen çalışmalar yer almıştır. Bununla birlikte, bazı ülkeler küresel uzlaşının tamamlanmasını beklemeksizin tek taraflı düzenlemelere yönelmiş ve Dijital Hizmet Vergisi (DHV) uygulamalarını hayata geçirmiştir. Bu sürecin en kapsamlı uluslararası karşılığı ise OECD ve G20 öncülüğünde yürütülen Matrah Aşındırma ve Kâr Aktarımı (BEPS) Projesi olmuştur. 2013 yılında başlatılan bu süreç, çok uluslu şirketlerin vergi sistemleri arasındaki asimetrik düzenlemelerden yararlanarak kârlarını düşük vergili yargı alanlarına kaydırmasını engellemeyi ve ekonomik faaliyetin gerçekleştiği ülkede vergilendirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. BEPS kapsamında geliştirilen İki Sütunlu Çözüm yaklaşımı (Birinci Sütun ve İkinci Sütun), dijital ekonomide faaliyet gösteren çok uluslu şirketlerin daha adil ve etkin biçimde vergilendirilmesini hedeflemektedir.

Türkiye de bu küresel eğilime paralel bir çizgide hareket ederek hem dijital ekonomiden elde edilen gelirlerin vergilendirilmesi hem de vergi idaresinin dijital dönüşümü alanlarında kapsamlı adımlar atmıştır. 2020 yılında yürürlüğe giren Dijital Hizmet Vergisi, başlangıçta OECD ortalamasının belirgin biçimde üzerinde belirlenen vergi oranıyla dikkat çekmiş; 2025 yılı sonunda alınan kararname ile bu oranın kademeli olarak düşürülmesi ise Türkiye'nin uluslararası koordinasyona yakınsama yönündeki irade beyanı olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan e-fatura, e-defter ve hazır beyan sistemleri gibi dijital vergi altyapısı uygulamaları, vergi idaresinin etkinliğini ve denetim kapasitesini güçlendiren önemli yapısal dönüşümleri temsil etmektedir.

Bu çalışma, dijital ekonominin vergilendirilmesine ilişkin uluslararası gelişmeleri OECD çerçevesinde ele almakta ve Türkiye'nin bu alandaki uygulamalarını karşılaştırmalı bir perspektiften değerlendirmektedir. Bu doğrultuda öncelikle dijital ekonominin vergilendirme açısından yarattığı yapısal sorunlar irdelenmekte; ardından BEPS süreci ve İki Sütunlu çözüm yaklaşımı incelenmekte; son olarak Türkiye'de dijital hizmet vergisi uygulamaları ile vergi idaresinin dijitalleşme süreci ele alınmaktadır.

2. DİJİTAL EKONOMİ VE VERGİLENDİRME SORUNSALI

Dijitalleştirme, analog veri ve süreçlerin bilgisayarlar tarafından okunup işlenebilecek makine diline dönüştürülmesi sürecini ifade etmektedir. Dijitalleşme, veri ve dijital teknolojilerin kullanımıyla mevcut faaliyetlerin dönüştürülmesini ya da yeni faaliyetlerin ortaya çıkmasını kapsamaktadır. Dijital dönüşüm ise bu iki sürecin ekonomik ve toplumsal düzeydeki yansımalarını ifade etmekte olup devletleri yalnızca teknolojik alanda değil, ekonomik ve mali yapılar açısından da kapsamlı reformlar gerçekleştirmeye yöneltmiştir (OECD, 2019).

Özellikle bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, ekonomik yapıların dönüşümünde belirleyici bir rol oynamış; üretim, tüketim ve dolaşım süreçlerinin küresel ölçekte yeniden örgütlenmesine yol açmıştır. Bu bağlamda, ekonomik birimlerin rekabet gücü giderek bilgiye dayalı enformasyon üretme, işleme ve etkin kullanma kapasitesine bağlı hâle gelmiştir (Castells, 1996). Bu dönüşüm sürecini açıklamak amacıyla literatürde *"dijital ekonomi", "internet ekonomisi", "ağ ekonomisi", "sanal ekonomi", "ağırlıksız ekonomi", "bilgi ekonomisi"* ve *"enformasyon toplumu"* gibi çeşitli kavramlar kullanılmaktadır. Söz konusu kavramlar, yeni ekonomik yapının farklı yönlerini vurgulamakla birlikte, dijital teknolojiler tarafından şekillenen yapısal dönüşümün birbiriyle ilişkili ve örtüşen boyutlarını ifade etmektedir (Siebert, 2000). "Dijital ekonomi" kavramını literatüre kazandıran Tapscott, 1996 yılında yayımladığı *"The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence"* adlı eserinde dijital ağların ekonomik ilişkileri kökten dönüştüreceğini öngörmüştür (Tapscott, 1996).

Dijital ekonomi, bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) üretim, dağıtım ve tüketim süreçlerine entegre edilmesiyle ortaya çıkan ekonomik yapıyı ifade etmektedir. Bu bağlamda dijital ekonomi; veri, bilgi ve dijital platformlar üzerinden yürütülen ekonomik faaliyetleri kapsamakta ve geleneksel ekonomik yapılardan farklı olarak ağ temelli, esnek ve küresel bir karakter sergilemektedir. Özellikle internetin yaygınlaşması, büyük veri analitiği, yapay zekâ ve dijital platformların gelişimi, ekonomik faaliyetlerin dijital ortamlara taşınmasını hızlandırmış; işletmelerin iş modellerini, tüketici davranışlarını ve piyasa yapısını önemli ölçüde dönüştürmüştür. Bu nedenle dijital ekonomi, yalnızca teknolojik bir dönüşümü değil, aynı zamanda üretkenlik, rekabet ve ekonomik büyüme dinamiklerini yeniden şekillendiren kapsamlı bir yapısal değişimi ifade etmektedir (OECD, 2015; World Bank, 2016). Google, Amazon, Facebook (Meta) ve Netflix gibi küresel platformlar, fiziksel bir varlık oluşturmaksızın pek çok ülkede milyonlarca kullanıcıya hizmet sunabilmekte ve bu ülkelerde önemli gelirler elde edebilmektedir.

Dijital ekonomi kapsamında özellikle platform ekonomisi, veri ekonomisi ve çok taraflı pazar yapıları öne çıkmaktadır. Platform ekonomisi, kullanıcılar ile hizmet sağlayıcıları dijital ortamda bir araya getiren aracılık yapıları üzerinden işlemekte ve bu platformlar, ağ etkileri sayesinde hızla ölçeklenebilmektedir (Acquier vd., 2017). Veri ekonomisi ise kullanıcı davranışlarından elde edilen büyük veri setlerinin analiz edilmesi yoluyla ekonomik değer üretilmesine dayanmakta, bu durum firmaların rekabet gücünü belirleyen temel unsurlardan biri hâline gelmektedir. Öte yandan çok taraflı pazarlar, farklı kullanıcı gruplarını aynı platformda buluşturarak çapraz etkileşimler üzerinden gelir yaratmakta ve fiyatlama stratejileri de bu çok yönlü yapı doğrultusunda şekillenmektedir. Bu özellikler, dijital ekonomiyi klasik ekonomik yapılardan ayırmakta ve özellikle vergilendirme açısından yeni sorun alanlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Dijital ekonomi, sınır ötesi faaliyetleri mümkün kılan ve fiziksel varlık gerektirmeyen yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu gelişmeler, mevcut vergilendirme ilkelerinin dijital faaliyetleri kavramada yetersiz kalmasına neden olmuş ve vergi sistemlerinin bu yeni ekonomik yapıya uyum sağlayacak şekilde yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Bu bağlamda, dijitalleşmenin vergi sistemleri üzerinde hem yapısal hem de idari düzeyde dönüştürücü etkiler yarattığı görülmektedir.

2.1. Vergilendirme Açısından Temel Sorunlar

Dijital ekonominin ortaya çıkardığı yapısal dönüşüm, vergi sistemlerinin temel dayanak noktalarını zorlayan bir dizi sorunu beraberinde getirmiştir. Bu sorunların başında, daimi işyeri kavramının dijital faaliyetler karşısında yetersiz kalması gelmektedir. Geleneksel vergilendirme yaklaşımı, bir işletmenin belirli bir ülkede fiziksel varlık göstermesi durumunda vergilendirme yetkisini o ülkeye tanımakta iken, dijital şirketler herhangi bir fiziksel varlık bulundurmaksızın önemli gelirler elde edebilmekte ve bu durum vergilendirme yetkisinin belirlenmesini güçleştirmektedir. Bunun yanı sıra, çok uluslu şirketlerin faaliyetlerini farklı ülkeler arasında dağıtarak vergi yükünü minimize etmeye yönelik stratejileri, matrah aşındırma ve kâr aktarımı (Base Erosion and Profit Shifting – BEPS) sorununu daha görünür hâle getirmiştir. Dijital firmalar, maddi olmayan varlıkların kolayca taşınabilir olması sayesinde kârlarını düşük vergili ülkelere kaydırabilmekte ve bu durum ülkeler arasında vergi tabanının erozyona uğramasına yol açmaktadır. Ayrıca dijital ekonominin küresel yapısı, ülkeler arasında vergi rekabetini de artırmakta; bazı ülkeler yatırım çekmek amacıyla düşük vergi oranları veya özel teşvikler sunarken, bu durum uluslararası vergi adaletini zedeleyebilmektedir.

Bu genel çerçeveye ek olarak, dijital iş modellerinin kendine özgü yapısı vergilendirme sürecinde daha somut ve teknik sorun alanları da ortaya çıkarmaktadır. Öncelikle dijital hizmetlerin nerede üretildiği ve nerede tüketildiği çoğu zaman net biçimde ayrıştırılamamakta, bu durum vergilendirme yetkisinin hangi ülkeye ait olduğunun belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra, değer yaratımının büyük ölçüde maddi olmayan varlıklara dayanması, bu unsurların vergilendirilmesine ilişkin mevcut kuralların yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Özellikle yazılımlar, algoritmalar ve kullanıcı verileri gibi unsurların değerlemesi ve hangi ülke ile ilişkilendirileceği konusu önemli belirsizlikler içermektedir. Diğer yandan, dijital hizmetlerin önemli bir kısmının otomatikleştirilmiş yapıda olması ve fiziksel bir işyeri gerektirmemesi, geleneksel daimi işyeri kavramını işlevsiz hâle getirmekte ve vergilendirme sisteminde boşluklar yaratmaktadır. Son olarak, çok taraflı iş modellerinde farklı kullanıcı grupları arasında eş zamanlı olarak değer yaratılması, bu değerin hangi ülke tarafından vergilendirileceği konusunu tartışmalı hâle getirmektedir. Bu gelişmeler birlikte değerlendirildiğinde, dijital ekonomi aktörlerinin etkin ve adil bir biçimde vergilendirilmesi için mevcut sistemin kapsamlı bir reform sürecinden geçirilmesi gerektiği açıkça ortaya çıkmaktadır (OECD, 2019a).

2.2. Geleneksel Vergi İlkelerinin Yetersizliği

Dijital ekonominin yükselişi, uluslararası vergilendirme sisteminin temelini oluşturan geleneksel ilkelerin sorgulanmasına neden olmuştur. Özellikle kaynak ilkesi ile ikamet ilkesi arasındaki denge, dijital faaliyetlerin sınır ötesi niteliği karşısında giderek daha karmaşık bir hâl almaktadır. Kaynak ilkesi, gelirin elde edildiği ülkeye vergilendirme yetkisi tanırken; ikamet ilkesi, mükellefin yerleşik olduğu ülkeyi esas almaktadır. Ancak dijital ekonomide gelirin nerede yaratıldığı, kullanıcıların bulunduğu yer, verinin işlendiği ülke ve şirketin merkezinin bulunduğu yer gibi farklı unsurların iç içe geçmesi nedeniyle net bir biçimde belirlenememektedir. Bunun yanı sıra, geleneksel vergi sistemleri büyük ölçüde fiziksel varlık ve maddi üretim süreçlerine dayanmakta iken, dijital ekonomide değer yaratımı çoğunlukla maddi olmayan varlıklar ve kullanıcı katkıları üzerinden gerçekleşmektedir. Bu durum, vergilendirme için temel kabul edilen "fiziksel varlık" kriterini işlevsiz hâle getirmekte ve mevcut sistemin dijital faaliyetleri kapsama kapasitesini sınırlamaktadır. Sonuç olarak, dijital ekonominin dinamik yapısı karşısında geleneksel vergi ilkelerinin yetersiz kalması, yeni vergilendirme yaklaşımlarının geliştirilmesini zorunlu kılmakta ve bu bağlamda uluslararası düzeyde ortak çözümlerin önemini artırmaktadır.

3. OECD ÇERÇEVESİNDE DİJİTAL EKONOMİNİN VERGİLENDİRİLMESİ

3.1. BEPS Projesi ve Eylem Planları

Dijital ekonominin vergilendirilmesine yönelik uluslararası çabaların merkezinde, OECD ve G20 iş birliğiyle başlatılan Matrah Aşındırma ve Kâr Aktarımı (Base Erosion and Profit Shifting – BEPS) Projesi yer almaktadır. 2013 yılında başlatılan bu girişim çok uluslu şirketlerin farklı ülkelerin vergi sistemleri arasındaki uyumsuzluklardan yararlanarak vergi matrahını aşındırmalarını ve kârlarını düşük vergili ya da vergisiz yargı alanlarına kaydırmalarını engelleyecek bütüncül ve uluslararası ölçekte uyumlu bir vergi çerçevesi oluşturmaktır. Bu kapsamda süreç, yalnızca mevcut vergi kurallarında sınırlı düzeltmeler yapılmasını değil, aynı zamanda uluslararası vergi mimarisinin daha şeffaf, tutarlı ve adil hale getirilmesini hedefleyen yapısal reformları içermektedir. Bu bağlamda temel amaç; ekonomik faaliyet ile vergilendirme hakkı arasındaki bağı güçlendirmek, kazancın yaratıldığı yerde vergilendirilmesini sağlamak ve böylece uluslararası vergi sisteminde ortaya çıkan adaletsizlikleri azaltmaktır (OECD, 2013).

BEPS Projesi kapsamında geliştirilen 15 eylem planı (2015), uluslararası vergilendirme sisteminde kapsamlı bir reform sürecini temsil etmektedir. Bu eylem planları, hibrit uyumsuzlukların giderilmesinden transfer fiyatlandırmasına, zararlı vergi uygulamalarından vergi anlaşmalarının kötüye kullanımının önlenmesine kadar geniş bir alanı kapsamaktadır. Dijital ekonomiyi doğrudan ele alan 1. Eylem Planı, dijital ekonominin vergi meydan okumalarını kapsamlı biçimde analiz etmekte ve olası çözüm yollarını tartışmaktadır. Diğer eylem adımları arasında hibrit uyumsuzluk düzenlemeleri (Eylem 2), kontrollü yabancı şirket kuralları (Eylem 3), faiz kesintilerinin sınırlandırılması (Eylem 4) ve transfer fiyatlandırması (Eylemler 8-10) öne çıkmaktadır (OECD, 2015a).

Bununla birlikte, BEPS Action 1 kapsamında dijital ekonomiye özgü bağlayıcı bir çözüm önerisi geliştirilmemiş, bunun yerine konunun izlenmesi ve ileri çalışmalar yapılması gerektiği belirtilmiştir. 2018 yılında yayımlanan Ara Rapor ve 2019 yılında açıklanan Çalışma Programı ile birlikte, dijital ekonominin vergilendirilmesine yönelik daha kapsamlı ve yapısal çözümler geliştirilmesi hedeflenmiş ve bu süreç, İki Sütunlu çözüm yaklaşımının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (OECD, 2018; OECD, 2019b).

OECD tarafından yürütülen BEPS süreci, uluslararası vergi hukukunda kapsamlı bir reform dalgasını da beraberinde getirmiştir. Türkiye, bu sürece aktif biçimde katılmış ve eylem planlarının önemli bir kısmını iç hukukuna yansıtmıştır. Bu sürecin en somut çıktılarından biri olan Multilateral Instrument (MLI – Çok Taraflı Sözleşme) **2017 yılında imzalanmıştır (OECD, 2017).**

3.2. İki Sütunlu Çözüm Yaklaşımı

Dijital ekonominin vergilendirilmesine yönelik en kapsamlı uluslararası girişim, OECD/G20 Kapsayıcı Çerçevesi tarafından geliştirilen İki Sütunlu (Two-Pillar) çözüm yaklaşımıdır. 2021 yılında 135'ten fazla ülkenin mutabakatıyla kabul edilen bu yaklaşım, uluslararası vergilendirme sisteminde köklü bir dönüşümü hedeflemektedir (OECD, 2021).

Birinci Sütun (Pillar One), büyük ve yüksek kârlı çok uluslu işletmelerin kârlarının piyasa ülkelerine yeniden dağıtılmasını öngörmektedir. Geleneksel sistemde vergilendirme hakkı büyük ölçüde şirketin yerleşik olduğu ülkeye veya fiziksel varlık bulundurduğu ülkeye tanınırken, dijital ekonomide bu yaklaşım yetersiz kalmaktadır. Yıllık cirosu 20 milyar Euro'yu aşan ve kâr marjı yüzde onun üzerinde olan işletmelerin kârlarının belirli bir bölümü, fiziksel varlıktan bağımsız olarak kullanıcı ve müşterilerin bulunduğu ülkelere tahsis edilecektir. Bu düzenleme, özellikle büyük dijital platform şirketlerini hedef almaktadır (OECD, 2021a).

İkinci Sütun (Pillar Two) ise, küresel ölçekte vergi rekabetini sınırlamak ve çok uluslu şirketlerin düşük vergili ülkelere kâr kaydırmasını önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Küresel asgari kurumlar vergisi oranı %15 olarak belirlenmiş ve bu oran, çok uluslu şirketlerin dünya genelinde elde ettikleri gelirler için bir alt sınır oluşturmuştur. Yıllık cirosu 750 milyon Euro'yu aşan çok uluslu şirketler, faaliyet gösterdikleri her ülkede en az yüzde on beş oranında kurumlar vergisine tabi olacaktır. Bu düzenleme, vergi cennetlerine yapılan kâr aktarımlarını önemli ölçüde kısıtlamayı amaçlamaktadır (OECD, 2021a).

3.3. OECD Ülkelerinde Dijital Hizmet Vergisi Uygulamaları

Dijital ekonominin vergilendirilmesine yönelik küresel düzeyde bağlayıcı ve kapsamlı bir çözüm henüz tam anlamıyla uygulamaya geçirilememişken, bazı OECD ülkeleri bu alandaki vergi kayıplarını sınırlamak ve dijital faaliyetlerden elde edilen gelirleri vergilendirmek amacıyla tek taraflı düzenlemelere yönelmiştir. Bu kapsamda geliştirilen Dijital Hizmet Vergisi uygulamaları, özellikle fiziksel varlık göstermeksizin belirli bir ülkede önemli ekonomik faaliyet yürüten dijital şirketleri hedef almaktadır. Söz konusu vergiler, klasik kurumlar vergisinden farklı olarak çoğunlukla kâr üzerinden değil, hasılat (brüt gelir) üzerinden alınmakta ve bu yönüyle uygulama kolaylığı sağlarken aynı zamanda bazı tartışmaları da beraberinde getirmektedir.

OECD ülkelerinde DHV uygulamaları, kapsam ve oran bakımından farklılık göstermekle birlikte, genel olarak çevrim içi reklam hizmetleri, dijital platform aracılık faaliyetleri ve kullanıcı verilerinin ekonomik değer yaratımındaki rolünü esas alan hizmetleri kapsamaktadır. Bu vergiler, özellikle dijital platformların kullanıcı yoğunluğunun yüksek olduğu pazarlarda elde ettikleri gelirlerin vergilendirilmesini amaçlamaktadır. Bununla birlikte, uygulamaların ulusal düzeyde farklılaşması, uluslararası vergi sisteminde parçalı bir yapı ortaya çıkarmakta ve çok uluslu şirketler açısından uyum maliyetlerini artırmaktadır.

Bu çerçevede OECD ülkelerinde uygulanan dijital hizmet vergilerine ilişkin temel özellikler aşağıdaki tabloda özetlenmektedir:

Tablo 1: Seçili OECD Ülkelerinde Dijital Hizmet Vergisi Uygulamaları

Ülke	Yürürlük Tarihi	Vergi Oranı	Kapsamı
Fransa	1 Ocak 2019	%3	Dijital arayüz üzerinden aracılık hizmetleri ve kullanıcı verisi tabanlı hedefli reklam hizmetleri
Macaristan	1 Temmuz 2017 (1 Temmuz 2019 – 30 Haziran 2026 arası geçici olarak %0'a indirildi)	%7,5	Macaristan'da yayımlanan reklamlardan elde edilen net ciro (dijital reklam vergisi)
Avusturya	1 Ocak 2020	%5	Dijital arayüzler veya yazılım/web siteleri üzerinden Avusturya'da sunulan reklam hizmetleri
İtalya	1 Ocak 2020	%3	Dijital reklam, çok taraflı arayüz hizmetleri ve kullanıcı verisi iletiminden elde edilen gelirler
Türkiye	1 Mart 2020	%7,5 (2025 sonu itibarıyla) %5 (1 Ocak 2026'dan itibaren) %2,5 (1 Ocak 2027'den itibaren)	Sesli/görsel/dijital içerik satışı, Dijital reklam hizmetleri ve dijital platform işletim hizmetleri
Birleşik Krallık	1 Nisan 2020	%2	internet arama motorları, Sosyal medya platformları ve çevrimiçi pazar yerleri (25 milyon £ üzerindeki gelirler için)
Polonya	1 Temmuz 2020	%1,5	İstek üzerine sesli-görsel medya hizmetlerine erişim ve ticari iletişim gelirleri
Portekiz	17 Şubat 2021	%4 (Gösterim Vergisi) %1 (yıllık vergi)	Video paylaşım platformlarındaki ticari iletişimler (%4) ve abonelik video hizmetleri gelirleri (%1)
İspanya	16 Ocak 2021	%3	Dijital aracılık hizmetleri, dijital reklam hizmetleri ve kullanıcı verisi satışı ("Google Vergisi" olarak da bilinir)
Danimarka	1 Ocak 2024	%2 (temel oran) +%3 (ek oran*)	İstek üzerine sesli-görsel medya hizmet sağlayıcılarından elde edilen gelirler (*Danimarka içeriğine yatırımı %5'in altında kalanlar için ek vergi uygulanır)
Kanada	1 Ocak 2022 (Tahsilat Haziran 2025''te durduruldu)	%3	Sosyal medya, çevrimiçi reklamcılık, kullanıcı verileri ve çevrimiçi pazar yerleri
Belçika	2027 (beklenen)	Belirlenecek	Belirlenecek
Çek Cumhuriyeti	Belirlenecek (teklif askıya alındı)	%7 (%5'e indirilebilir)	Dijital reklam, kullanıcı verisi iletimi ve çok taraflı dijital arayüz hizmetleri
Almanya	Belirlenecek (niyet beyanı)	%10	Dijital reklamcılık

Kaynak: *KPMG, Taxation of the Digitalized Economy – Developments Summary (Mart 2026) ve T.C. Resmî Gazete (25 Aralık 2025, Karar No: 10767) verilerinden derlenmiştir.*
Not: *Tablo yalnızca DST (Dijital Hizmet Vergisi) niteliğindeki doğrudan vergileri kapsamaktadır. WHT (Stopaj Vergisi) ve SEP (Önemli Ekonomik Varlık) vergisi bu tabloya dahil edilmemiştir. Belçika, Çek Cumhuriyeti ve Almanya için vergi henüz yürürlüğe girmemiştir.*

Tablo incelendiğinde, OECD ülkelerinde dijital hizmet vergisi oranlarının genel olarak %2–%5 aralığında yoğunlaştığı, Türkiye'nin ise başlangıçta %7,5 oranı ile bu ülkeler arasında daha yüksek bir vergi oranı uyguladığı görülmektedir. Ancak 2026'dan itibaren %5; 2027'den itibaren %2,5 olarak güncellenmiştir.

Dijital hizmet vergilerinin ortak özelliklerinden biri, geleneksel vergilendirme ilkelerinde yer alan fiziksel varlık kriterini aşarak, pazar ülkesinde yaratılan ekonomik değeri vergilendirme amacını taşımasıdır. Bu yönüyle DHV uygulamaları, dijital ekonomide ortaya çıkan vergilendirme boşluklarına kısa vadeli bir çözüm sunmaktadır. Ancak bu vergilerin hasılat üzerinden alınması, düşük kârlılığa sahip firmalar açısından orantısız vergi yükü oluşturabilmekte ve vergi adaleti açısından eleştirilmektedir.

Ayrıca, OECD ülkeleri arasında DHV uygulamalarında tam bir uyumun bulunmaması, uluslararası vergi sisteminde koordinasyon eksikliğini ortaya koymaktadır. Bu durum, özellikle çok uluslu şirketler açısından çifte vergilendirme riskini artırmakta ve küresel ticari ilişkilerde gerilimlere neden olabilmektedir. Nitekim bazı ülkelerin uyguladığı dijital hizmet vergileri, başta ABD olmak üzere çeşitli ülkeler tarafından ticari yaptırım tartışmalarına konu edilmiştir.

Bu bağlamda, OECD tarafından geliştirilen İki Sütunlu çözüm yaklaşımı, uzun vadede bu tür tek taraflı uygulamaların yerini almayı hedeflemektedir. DST uygulamaları ise bu süreçte, ülkelerin vergi tabanlarını korumaya yönelik geçiş dönemi araçları olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, söz konusu vergilerin geleceği, OECDreformlarının uygulama başarısına ve ülkeler arası politik uzlaşının sürdürülebilirliğine bağlı olarak şekillenecektir.

4. TÜRKİYE'DE DİJİTAL EKONOMİNİN VERGİLENDİRİLMESİ

4.1. Türkiye'de Yasal Düzenlemeler ve Dijital Hizmet Vergisi

Türkiye'de dijital ekonomiden elde edilen gelirlerin vergilendirilmesine yönelik en somut düzenleme, 2019 yılında yürürlüğe giren ve 2020 itibarıyla uygulanmaya başlayan Dijital Hizmet Vergisi olmuştur. 7194 sayılı Kanun ile ihdas edilen bu vergi, dijital ortamda sunulan belirli hizmetlerden elde edilen hasılat üzerinden alınmakta olup, genel vergi oranı %7,5 olarak belirlenmiştir. Ancak 24 Aralık 2025 tarihli ve 10767 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile Türkiye'nin DHV oranı kademeli olarak düşürülmüş; 1 Ocak 2026 itibarıyla %5'e, 1 Ocak 2027 itibarıyla ise %2,5'e indirilmiştir (10767 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı, 2025). Bu düzenlemeyle birlikte Türkiye'nin DHV oranı, diğer OECD ülkelerinin oranlarıyla büyük ölçüde yakınsama sürecine girmiştir. Bu durum, Türkiye'nin dijital ekonomiden elde edilen gelirleri vergilendirme konusunda başlangıçta daha agresif bir yaklaşım benimsediğini, ancak uluslararası koordinasyon sürecine uyum sağlama yönünde önemli bir adım attığını göstermektedir.

Dijital Hizmet Vergisi'nin kapsamı, dijital ekonominin temel değer yaratım alanlarını hedef alacak şekilde belirlenmiştir. Bu çerçevede, özellikle dijital reklam hizmetleri, dijital ortamda sunulan içerik satışları (müzik, video, oyun vb.) ve dijital platformlar aracılığıyla sunulan aracılık hizmetleri verginin konusunu oluşturmaktadır (7194 sayılı Kanun, 2019). Böylece Türkiye, fiziksel varlık göstermeksizin ülkede önemli ekonomik faaliyet yürüten dijital şirketlerin elde ettiği gelirleri vergilendirmeyi amaçlamıştır.

Söz konusu vergi, klasik kurumlar vergisinden farklı olarak kâr üzerinden değil, hasılat üzerinden alınmaktadır. Bu durum, verginin uygulanmasını idari açıdan kolaylaştırmakta ve matrah aşındırma yoluyla vergi kaçınma imkânlarını sınırlamaktadır. Bununla birlikte, düşük kârlı veya zarar eden işletmeler açısından vergi yükünün göreli olarak artmasına neden olabilmekte ve bu yönüyle vergi adaleti bakımından tartışmalara yol açmaktadır. Ayrıca, verginin belirli ciro eşiklerinin üzerindeki mükellefleri kapsaması, esas itibarıyla büyük ölçekli çok uluslu dijital şirketleri hedef aldığını göstermektedir.

31 Temmuz 2020 tarihli ve 7253 sayılı Kanun ile sosyal ağ sağlayıcılarına yönelik temsilci belirleme zorunluluğu, kademeli yaptırımlar, içerik kaldırma, Türkiye'de veri depolama ve raporlama yükümlülüğü getirilmiştir. Bu düzenlemenin yürürlüğe girmesinin ardından pek çok dijital şirket Türkiye'de ofis ya da depo açmış veya temsilci atamıştır (7253 sayılı Kanun, 2020).

4.2. Vergi İdaresinin Dijitalleşmesi

Türkiye'de dijital ekonominin vergilendirilmesi yalnızca yeni vergi türlerinin ihdası ile sınırlı kalmamış, aynı zamanda vergi idaresinin işleyişinde de kapsamlı bir dijital dönüşüm süreci yaşanmıştır. Bu dönüşüm, hem mükellef hizmetlerinin iyileştirilmesi hem de vergi denetim kapasitesinin artırılması açısından önemli sonuçlar doğurmuştur. Dijital dönüşüm süreci kapsamında Gelir İdaresi Başkanlığı tarafından hayata geçirilen uygulamalar, hem mükellef hizmetlerinin iyileştirilmesine hem de vergi denetim kapasitesinin artırılmasına önemli katkılar sağlamıştır.

Bu çerçevede, Dijital Vergi Dairesi, mükelleflerin beyanname, bildirim, dilekçe ve diğer vergisel işlemlerini elektronik ortamda hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleştirebilmelerine imkân tanıyan bütünleşik bir platform olarak öne çıkmaktadır. 2023 yılında kullanıma sunulan bu sistem, mükelleflerin vergi idaresi ile olan etkileşimini fiziksel ortamdan dijital ortama taşıyarak işlem maliyetlerini azaltmış ve idari süreçleri hızlandırmıştır (GİB, 2023).

Bunun yanı sıra, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan e-Fatura, e-Arşiv ve e-Defter uygulamaları, ticari işlemlerin dijital ortamda kayıt altına alınmasını sağlayarak hem veri bütünlüğünü hem de denetim etkinliğini artırmıştır. Özellikle e-Fatura sistemi sayesinde ticari işlemler anlık olarak Gelir İdaresi Başkanlığı sistemlerine yansımakta, bu durum sahte belge düzenlenmesi gibi kayıt dışı faaliyetlerin tespitini kolaylaştırmaktadır. E-Arşiv uygulaması ise özellikle nihai tüketicilere yönelik işlemlerde dijital belge düzenlenmesini mümkün kılarak kayıt dışılıkla mücadelede önemli bir araç hâline gelmiştir. E-Defter sistemi ile de yasal defterlerin elektronik ortamda tutulması sağlanmış, böylece kayıtların geriye dönük olarak değiştirilmesi engellenmiş ve veri güvenliği artırılmıştır (GİB, 2026).

Öte yandan, Hazır Beyan Sistemi, belirli gelir unsurlarına sahip mükelleflerin beyannamelerinin vergi idaresi tarafından önceden hazırlanarak mükellefin onayına sunulmasını sağlayan yenilikçi bir uygulama olarak dikkat çekmektedir. Bu sistem, mükelleflerin beyan sürecini önemli ölçüde kolaylaştırmakta ve gönüllü uyum düzeyinin artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Vergi idaresinin dijitalleşme sürecinde bir diğer önemli unsur ise büyük veri (big data) analitiği ve risk odaklı denetim sistemleridir. Bu kapsamda geliştirilen veri analiz altyapıları sayesinde farklı kaynaklardan elde edilen veriler entegre edilmekte, mükellef davranışları analiz edilmekte ve uyumsuzluk riski taşıyan işlemler daha erken aşamada tespit edilebilmektedir. Bu yaklaşım, geleneksel denetim yöntemlerinden farklı olarak, denetim faaliyetlerinin rastgele değil, risk temelli ve hedef odaklı biçimde yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Nitekim literatürde, yapay zekâ ve veri analitiği temelli denetim uygulamalarının, denetim kaynaklarının yüksek riskli mükellef ve işlemler üzerinde yoğunlaştırılmasına imkân tanıdığı ve bu sayede denetim etkinliğini artırdığı vurgulanmaktadır. Bu tür sistemler, vergi denetimini geriye dönük bir kontrol mekanizması olmaktan çıkararak, sürekli veri akışına dayalı, proaktif ve önleyici bir yapıya dönüştürmektedir. Bununla birlikte, söz konusu dijital dönüşüm yalnızca teknik bir modernizasyon süreci olarak değerlendirilmemelidir. Büyük veri analitiği ve yapay zekâ destekli denetim sistemleri, vergi gelirlerinin tahsilat etkinliği, öngörülebilirliği ve sürdürülebilirliği üzerinde dolaylı etkiler yaratarak kamu mali yönetiminin temel unsurlarından biri hâline gelmektedir. Bu yönüyle dijitalleşme, vergi idaresinin kurumsal kapasitesini güçlendiren ve mali disipline katkı sağlayan yapısal bir dönüşüm alanı olarak ortaya çıkmaktadır (Bapbacı, 2026).

5. SONUÇ

Dijital ekonominin küresel ölçekte hızla genişlemesi, mevcut vergilendirme rejimlerinin yapısal sınırlarını giderek daha görünür ve tartışmalı hâle getirmiştir. Fiziksel varlık, yerleşiklik ve coğrafi bağlantı kriterleri üzerine inşa edilmiş olan geleneksel vergi sistemleri, sınır ötesi dijital faaliyetlerin ekonomik gerçekliğini kavramakta yetersiz kalmakta; bu durum, özellikle değer yaratımının mekânsal olarak ayrıştığı dijital iş modellerinde ciddi vergilendirme boşluklarına yol açmaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan temel sorunlar; vergi matrahının

aşındırılması, kârların düşük vergili yargı alanlarına kaydırılması ve ülkeler arası vergi rekabetinin yoğunlaşması şeklinde ortaya çıkmakta, nihayetinde uluslararası vergi adaleti ve mali egemenlik ilkelerini zedelemektedir.

Söz konusu yapısal sorunlara çözüm üretme amacıyla OECD öncülüğünde yürütülen BEPS Projesi, uluslararası vergi hukukunda kapsamlı bir reform sürecini yaratmıştır. Bu sürecin devamında geliştirilen İki Sütunlu Çözüm yaklaşımı, dijital ekonominin vergilendirilmesine yönelik bütüncül bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir. Birinci Sütun, çok uluslu işletmelerin artık yalnızca fiziksel varlık kriterine bağlı olmaksızın, piyasa ülkelerinde elde ettikleri kârların belirli bir kısmının yeniden tahsisini öngörerek "kullanıcı katılımı" ve "pazar varlığı" unsurlarını vergilendirme yetkisinin belirleyici bileşenleri hâline getirmektedir. İkinci Sütun ise, küresel düzeyde asgari %15 kurumlar vergisi oranı tesis edilmesi yoluyla zararlı vergi rekabetini sınırlandırmayı ve kâr kaydırma davranışlarını minimize etmeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, söz konusu reformların etkinliği; çok taraflı siyasi uzlaşının sürdürülebilirliği, ulusal uygulama kapasitesi ve idari altyapının yeterliliği gibi faktörlere bağlı olarak şekillenmektedir.

Küresel ölçekte bağlayıcı ve yeknesak bir çözüm mekanizmasının henüz tam anlamıyla tesis edilememiş olması, pek çok ülkeyi tek taraflı politika araçlarına yöneltmiştir. Bu çerçevede geliştirilen Dijital Hizmet Vergileri, özellikle dijital platformlar üzerinden yaratılan değerin piyasa ülkelerinde vergilendirilmesini hedefleyen alternatif bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. OECD ülkeleri incelendiğinde, söz konusu vergilerin genellikle %2 ile %5 aralığında uygulandığı görülmektedir. Bununla birlikte, hasılat esaslı vergilendirme yapısı, uluslararası koordinasyon eksikliği ve çifte vergilendirme riskleri, bu tür uygulamaların uzun vadeli sürdürülebilirliğini tartışmalı hâle getirmektedir.

Türkiye, dijital ekonominin vergilendirilmesi ve vergi idaresinin dijital dönüşümü alanında dikkat çekici bir dönüşüm sürecine girmiştir. 2020 yılında yürürlüğe giren Dijital Hizmet Vergisi, başlangıçta %7,5 oranıyla OECD ortalamasının üzerinde konumlanmış; ancak 2025 yılı sonunda alınan düzenleyici kararlarla kademeli bir uyum sürecine girilmesi, Türkiye'nin uluslararası vergi normlarına yakınsama yönündeki stratejik yönelimini ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, e-Fatura, e-Defter, Hazır Beyan Sistemi ve risk odaklı denetim mekanizmaları gibi dijital uygulamalar, vergi idaresinin kurumsal kapasitesini artırarak kayıt dışılıkla mücadelede önemli kazanımlar sağlamıştır. Bu gelişmeler, Türkiye'nin dijital vergilendirme alanında yalnızca reaktif değil, aynı zamanda proaktif bir politika yaklaşımı benimsediğini göstermektedir.

Sonuç itibarıyla, dijital ekonominin vergilendirilmesi meselesi, teknik bir vergi hukuku tartışmasının ötesinde; mali egemenlik, vergisel adalet ve uluslararası iş birliği gibi kamu maliyesinin temel ilkeleriyle doğrudan ilişkili çok boyutlu bir politika alanı olarak değerlendirilmektedir. İki Sütunlu Çözüm yaklaşımının etkin biçimde uygulanması, tek taraflı DHV uygulamalarının zaman içerisinde çok taraflı bir koordinasyon çerçevesine evrilmesi ve vergi idarelerinin dijital dönüşüm kapasitelerinin derinleştirilmesi, bu alandaki yapısal sorunların çözümüne yönelik kritik öneme sahip görünmektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin uluslararası normlarla uyumlu politika tercihlerini sürdürmesi, hem vergi gelirlerinin sürdürülebilirliği hem de küresel ekonomik entegrasyon açısından stratejik bir gereklilik arz etmektedir.

Kaynakça

Acquier, A., Daudigeos, T., Pinkse, J. (2017). Promises and paradoxes of the sharing economy: An organizing framework. Technological Forecasting and Social Change, Elsevier, vol. 125(C), pages 1-10.

Bapbacı, Ö. (2026). Vergi Denetiminde Yapay Zekâ Kullaniminin Bütçe Disiplini Üzerindeki Etkileri. *Vergi Raporu* , cilt.34, sa.317, 146-156.

Castells, M. (1996). *The rise of the network society*. Blackwell.

GİB. (2023). *Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği (Sıra No: 552)*. T.C. Resmî Gazete (Sayı: 32332).

GİB. (2026). E-Fatura, https://ebelge.gib.gov.tr/anasayfa.html

Jones, C. I., ve Tonetti, C. (2020). Nonrivalry and the Economics of Data. *American Economic Review* 110 (9): 2819–58**.**

KPMG. (2026). Taxation of the digitalized economy: Developments summary. KPMG., https://kpmg.com/kpmg-us/content/dam/kpmg/pdf/2023/digitalized-economy-taxation-developments-summary.pdf

OECD. (2013). Action plan on base erosion and profit shifting. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264202719-en

OECD. (2015). *OECD Digital Economy Outlook 2015*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264232440-en.

OECD. (2015a). *Addressing the Tax Challenges of the Digital Economy, Action 1 - 2015 Final Report*, OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264241046-en

OECD. (2017). *Signatories and parties to the Multilateral Convention to Implement Tax Treaty Related Measures to Prevent Base Erosion and Profit Shifting.* OECD Publishing, https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/beps-mli/beps-mli-signatories-and-parties.pdf

OECD. (2018). *Tax Challenges Arising from Digitalisation – Interim Report 2018: Inclusive Framework on BEPS*, OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264293083-en.

OECD. (2019). *Vectors of digital transformation* (OECD Digital Economy Papers, No. 273). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5ade2bba-en

OECD. (2019a). Programme of work to develop a consensus solution to the tax challenges arising from the digitalisation of the economy. Paris: OECD/G20 Inclusive Framework on BEPS.

OECD. (2019b). *OECD/G20 Inclusive Framework on BEPS: Progress Report July 2018-May 2019*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/a9b41e15-en.

OECD. (2021). *Tax Challenges Arising from Digitalisation of the Economy – Global Anti-Base Erosion Model Rules (Pillar Two): Inclusive Framework on BEPS*, OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/782bac33-en.

OECD. (2021a). *Statement on a Two-Pillar Solution to Address the Tax Challenges Arising from the Digitalisation of the Economy. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-issues/beps/statement-on-a-two-pillar-solution-to-address-the-tax-challenges-arising-from-the-digitalisation-of-the-economy-october-2021.pdf*

Siebert, H. (2000). *The new economy—What is really new?* Kiel Working Paper, No. 1000, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel.

T.C. Resmî Gazete. (2020, 31 Temmuz). *İnternet Ortamında Yapılan Yayınların Düzenlenmesi ve Bu Yayınlar Yoluyla İşlenen Suçlarla Mücadele Edilmesi Hakkında Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun* (Kanun No. 7253, Sayı: 31202). T.C. Cumhurbaşkanlığı.

T.C. Resmî Gazete. (2025, 25 Aralık). Cumhurbaşkanı Kararı (Karar Sayısı: 10767). Sayı: 33118.

Tapscott, D. (1996). The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. McGraw-Hill.

World Bank. (2016). *World development report 2016: Digital dividends*. World Bank.

VERİYLE DÜŞÜNEN ÖRGÜTLER: DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİ VE STRATEJİK ÇEVİKLİK İLİŞKİSİ ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME

DATA-DRIVEN ORGANIZATIONS: A CONCEPTUAL REVIEW ON THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITAL TWIN TECHNOLOGY AND STRATEGIC AGILITY

Ahmet SAVACI[1]
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ERTEM[2]

Özet

Bu çalışma, dijital ikiz teknolojisi ile stratejik çeviklik arasındaki ilişkiyi kavramsal bir çerçevede incelemeyi amaçlamaktadır. Dijital ikiz, fiziksel sistemlerin gerçek zamanlı veri ile beslenen dinamik dijital temsilleri olarak, işletmelerin süreçlerini daha etkin yönetmelerine, riskleri öngörmelerine ve alternatif senaryoları test etmelerine imkân tanımaktadır. Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olan bu teknoloji; maliyet etkinliği, hızlı prototipleme, bakım optimizasyonu, erişilebilirlik ve güvenlik gibi birçok avantaj sunarak işletmelerin performansını artırmaktadır. Stratejik çeviklik ise işletmelerin değişen çevresel koşullara hızlı uyum sağlayabilme, stratejilerini sürekli yenileyebilme ve rekabet avantajı elde edebilme kapasitesi olarak ele alınmaktadır. Bu kavram; stratejik duyarlılık, liderlik birliği ve kaynak akışkanlığı olmak üzere üç temel boyut üzerinden açıklanmaktadır. Çalışmada, dijital ikiz teknolojisinin sunduğu avantajların bu üç boyut ile nasıl örtüştüğü analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, dijital ikizin çevresel değişimlerin daha hızlı algılanmasını sağladığını, karar alma süreçlerini güçlendirdiğini ve kaynakların daha esnek yönetilmesine katkı sunduğunu göstermektedir. Çalışmanın teorik katkısı, dijital ikiz teknolojisi ile stratejik çeviklik kavramlarının literatürde ilk kez bütüncül bir çerçevede ele alınarak kavramsal olarak entegre edilmesiyle ortaya çıkmakta; bu entegrasyon, örgütlerin veri temelli karar alma süreçlerini açıklamada yeni bir analitik bakış açısı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Dijital İkiz; Stratejik Çeviklik; Endüstri 4.0.

[1] Adalet Bakanlığı, ahmtsvc66@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, mehmet.ertem@bozok.edu.tr

Abstract

This study aims to examine the relationship between digital twin technology and strategic agility within a conceptual framework. A digital twin, defined as a dynamic digital representation of physical systems fed by real-time data, enables organizations to manage their processes more effectively, anticipate risks, and test alternative scenarios. As one of the core components of Industry 4.0, this technology enhances organizational performance by offering various advantages such as cost efficiency, rapid prototyping, maintenance optimization, accessibility, and safety. Strategic agility, on the other hand, is considered as the ability of organizations to rapidly adapt to changing environmental conditions, continuously renew their strategies, and achieve competitive advantage. This concept is explained through three main dimensions: strategic sensitivity, leadership unity, and resource fluidity. In this study, the alignment between the advantages provided by digital twin technology and these three dimensions is analyzed. The findings indicate that digital twins enable faster recognition of environmental changes, strengthen decision-making processes, and contribute to more flexible management of resources. The theoretical contribution of the study emerges from the first-time conceptual integration of digital twin technology and strategic agility within a holistic framework in the literature; this integration offers a new analytical perspective for explaining organizations' data-driven decision-making processes.

Keywords: Digital Twin; Strategic Agility; Industry 4.0.

1.Giriş

Günümüz iş dünyası, teknolojik gelişmelerin hızlanması, küreselleşmenin etkilerinin artması ve müşteri beklentilerinin sürekli değişmesiyle birlikte daha karmaşık ve belirsiz bir yapıya bürünmüştür. Bu dinamik ortamda işletmelerin sürdürülebilir rekabet avantajı elde edebilmesi, yalnızca mevcut kaynaklarını etkin kullanmalarına değil, aynı zamanda değişime hızlı ve esnek bir şekilde uyum sağlayabilmelerine bağlıdır. Bu bağlamda, hem dijital dönüşüm teknolojileri hem de stratejik yönetim yaklaşımları, örgütlerin rekabetçi konumlarını güçlendirmede kritik bir rol üstlenmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte öne çıkan dijital ikiz teknolojisi, fiziksel sistemlerin gerçek zamanlı veri ile desteklenen dijital temsillerini oluşturarak işletmelere süreçlerini daha etkin izleme, analiz etme ve optimize etme imkânı sunmaktadır. Bu teknoloji, yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda karar alma süreçlerini destekleyerek işletmelerin belirsizlikler karşısında daha hazırlıklı olmalarını sağlamaktadır. Öte yandan stratejik çeviklik, işletmelerin değişen çevresel koşullara hızlı yanıt verebilme, stratejilerini sürekli olarak gözden geçirme ve yeniden şekillendirme kapasitesi olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, dijital ikiz teknolojisi ile stratejik çeviklik arasındaki ilişkiyi kavramsal bir çerçevede incelemektir. Bu doğrultuda, dijital ikiz teknolojisinin sunduğu avantajların stratejik çevikliğin temel boyutları olan stratejik duyarlılık, liderlik birliği ve kaynak akışkanlığı üzerindeki etkileri ele alınmakta ve bu iki kavramın birbirini nasıl tamamladığı ortaya konulmaktadır. Bu yönüyle çalışma, dijital dönüşüm ile stratejik yönetim literatürlerini bütünleştiren bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.

2.Yöntem

Bu çalışma, dijital ikiz teknolojisi ile stratejik çeviklik arasındaki ilişkiyi inceleyen kavramsal bir araştırmadır (Eisenhardt, 1989; Whetten, 1989). Literatür taramasına dayalı olarak yürütülen çalışmada (Tranfield vd., 2003; Webster & Watson, 2002), dijital ikiz teknolojisi ile stratejik çevikliğin stratejik duyarlılık, liderlik birliği ve kaynak akışkanlığı boyutları arasındaki ilişkiler sistematik olarak analiz edilmiştir. Araştırma nitel yöntem çerçevesinde yapılandırılmış olup (Creswell & Poth, 2016), ikincil verilere dayanmaktadır (Johnston, 2017). Bu araştırmanın farklı aşamalarında, metnin dilsel doğruluğunu, okunabilirliğini ve biçimsel tutarlılığını geliştirmek amacıyla yapay zekâ tabanlı yazım destek araçlarından yararlanılmıştır.

3.Dijital İkiz Kavramı

Artan rekabet ve çeşitlenen müşteri beklentileri üretim süreçlerini daha karmaşık hale getirerek fiziksel ve dijital sistemlerin bütünleşmesini zorunlu kılmaktadır. Aynı zamanda performans odaklı talepler, dijital modellerin fiziksel varlıklarla gerçek zamanlı ve etkin etkileşim kurma kapasitesini zorlamaktadır. Dijital ikiz kavramı bu gereksinimlerden doğmuş; fiziksel sistemlerin veri odaklı, dinamik ve sürekli güncellenen dijital temsillerini oluşturarak fiziksel–dijital entegrasyonu güçlendiren bir yaklaşım olarak literatürde yer edinmiştir (Tao ve Qi, 2019).Kavram her ne kadar son yıllarda popülerleşmiş olsa da temelleri 2002 yılında Michigan Üniversitesi'nde Michael Grieves'in Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) çalışmasına dayanmaktadır (Grieves, 2016). Grieves'in üç bileşenli modeli (gerçek alan, sanal alan ve bağlantı mekanizması) başlangıçta "Aynalanmış Mekânlar Modeli" olarak adlandırılmıştır (Grieves, 2005). Fiziksel verilerle gerçekliğin yazılım ortamında yansıtılması fikri ise daha önce Gelernter'in "Ayna Dünyalar" kavramında ortaya konmuştur (Gelernter, 1993). 2003'te Främling ve arkadaşları her fiziksel ürüne karşılık gelen bir sanal temsil önererek kavramı geliştirmiştir (Främling vd., 2003). 2006'da model "Information Mirroring Model" olarak yeniden adlandırılmış ve çift yönlü veri akışı ile bir fiziksel varlık için çoklu sanal alan oluşturulması vurgulanmıştır (Grieves, 2016). "Dijital ikiz" terimi ise ilk kez 2010 yılında NASA'nın teknoloji yol haritasında açık biçimde kullanılmıştır (Shafto vd., 2010). Bu tarihten itibaren kavram, karmaşık sistemlerin izlenmesi ve performans yönetiminde stratejik bir araç olarak yaygınlaşmıştır. Günümüzde dijital ikizler; tasarım, optimizasyon, bakım, güvenlik, karar destek, uzaktan erişim ve eğitim gibi çok boyutlu alanlarda kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı veri entegrasyonu sayesinde işletmelerin süreçleri izlemelerine, riskleri öngörmelerine ve alternatif senaryoları test etmelerine imkân tanıyarak rekabet avantajı sağlamaktadır. Fiziksel ve sanal dünyayı anlık veri akışıyla bütünleştirmesi, belirsizlik içeren durumların daha bütüncül ve gerçekçi analiz edilmesine olanak vermektedir.

3.1.Dijital İkiz Özellikleri ve Avantajları

Dijital ikiz teknolojisinin Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olarak görülmesinin başlıca nedeni, sistem ve süreçlerde hata, belirsizlik, verimsizlik ve maliyetleri azaltma potansiyeline sahip çok yönlü avantajlar sunmasıdır. Gerçek zamanlı veri entegrasyonu ve simülasyon kapasitesi sayesinde dijital ikizler, operasyonel süreçlerdeki aksaklıkların erken tespit edilmesine, bakım ve üretim faaliyetlerinin optimize edilmesine ve karar verme süreçlerinin daha isabetli biçimde yürütülmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu teknoloji, geleneksel endüstriyel yapılarda sıklıkla görülen ve birimlerin birbirinden yalıtık biçimde çalışmasına neden olan organizasyonel ve süreçsel siloları ortadan kaldırarak daha bütünleşik, veri temelli ve koordineli bir çalışma ortamı oluşturur. Bu kapsamda dijital ikizlerin sağladığı avantajlar şunlardır:

- **Hızlı prototipleme ve ürün yeniden tasarımı**: Dijital ikizler, farklı senaryoların simülasyon ortamında test edilmesine imkân tanıyarak tasarım ve analiz döngülerini kısaltmakta, böylece prototipleme ve yeniden tasarım süreçlerini daha hızlı ve esnek hâle getirmektedir (Tao vd., 2018).
- **Maliyet etkinliği:** Dijital ikizler, fiziksel prototiplere kıyasla büyük ölçüde sanal kaynaklara dayanması nedeniyle prototipleme ve yeniden tasarım maliyetlerini zaman içinde azaltmaktadır (Grieves & Vickers, 2017).
- **Sorunları tahmin etme/sistem planlaması:** Dijital ikizler, fiziksel varlık ile gerçek zamanlı veri akışı sayesinde ürün yaşam döngüsünün farklı aşamalarında ortaya çıkabilecek arıza ve hataları önceden tahmin etmeye olanak tanımaktadır (Tao vd., 2018).
- **Çözümlerin optimize edilmesi ve bakımın iyileştirilmesi:** Geleneksel bakım yaklaşımları çoğunlukla deneyime ve en kötü senaryo varsayımlarına dayanırken, dijital ikizler gerçek zamanlı veri ve simülasyonlar aracılığıyla arızaları önceden tespit ederek proaktif bakım planlamasına imkân vermektedir (Glaessgen & Stargel, 2012).
- **Erişebilirlik:** Dijital ikizler, fiziksel sistemlerin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesini mümkün kılarak coğrafi sınırlamaları azaltmaktadır. (Grieves & Vickers, 2017)
- **Fiziksel muadilinden daha güvenli:** Tehlikeli çalışma koşullarına sahip sektörlerde dijital ikizlerin uzaktan erişim ve öngörü yetenekleri, kaza risklerini ve operasyonel hataları azaltmaya katkı sunmaktadır(Gartner, 2020).
- **Atık azaltma:** Dijital ikizler, ürün ve sistem prototiplerinin sanal ortamda simüle edilmesine olanak tanıyarak tasarım aşamasında ortaya çıkabilecek hataların üretim öncesinde tespit edilmesini sağlar.
- **Dökümantasyon ve iletişim:** Dijital ikiz oluşturma sürecinde farklı yazılım, veri tabanı ve belge kaynaklarına dağılmış verilerin senkronize edilmesi, bilgilerin tek bir platformda toplanmasını ve güncel tutulmasını kolaylaştırır(LaGrange, 2019).
- **Eğitim:** Dijital ikizler, özellikle yüksek riskli sektörlerde daha güvenli ve etkileşimli eğitim programlarının geliştirilmesine imkân tanımaktadır (Kaarlela vd., 2020).

Simülasyonların farklı senaryoların incelenmesine olanak tanıması sayesinde tasarım ve analiz döngüleri kısalmakta, prototipleme ve yeniden tasarım süreçleri daha hızlı ve verimli hâle gelmektedir. DT, ürün fikrinin kavramsallaştırılmasından test edilmesine kadar tasarım sürecinin farklı aşamalarında kullanılabilmekte ve kullanıcı ihtiyaçları ile kullanım verilerine dayalı ürün özelleştirmesine imkân tanımaktadır. DT türüne bağlı olarak birbirlerinden farklı ve ayırt edici özelliklere sahip olabilseler de, tüm dijital ikizlerin ortak olarak paylaştığı bazı temel özellikler şunlardır:

- **Yüksek doğruluk (High-fidelity)**
- **Dinamik**
- **Kendini geliştiren**
- **Tanımlanabilir**
- **Çok ölçekli ve çok fiziksel**
- **Çok disiplinli**
- **Hiyerarşik**

Dijital ikiz teknolojisinin sunduğu operasyonel avantajlar ile sahip olduğu yapısal ve işlevsel özelliklerin bütüncül etkisi, örgütlerin belirsizlikleri azaltarak veri temelli, esnek ve sürdürülebilir yönetim pratikleri geliştirmesine imkân tanımakta ve teknolojiyi Endüstri 4.0 ekosisteminde stratejik bir rekabet aracı hâline getirmektedir.

4.Stratejik Çeviklik

Stratejik çeviklik, bir kuruluşun dış iş ortamındaki hızlı değişimlere yanıt olarak stratejisini dinamik bir şekilde yeniden değerlendirme ve yenileme yeteneği olarak tanımlanmıştır. (Doz & Kosonen, 2008). Morton ve diğ. (2018, 96) stratejik çevikliği, stratejik yönelimler ile değişen çevresel koşulların bir fonksiyonu olarak, zamana yayılan stratejik eylem akışı içerisinde stratejik yönün sürekli biçimde ayarlanması ve uyarlanması süreci olarak tanımlamaktadır. Shin ve diğ. (2015), çevikliğin benzersiz ve çok boyutlu yapısını vurgulamak amacıyla "stratejik çeviklik" kavramını benimseyerek, bu kavramı firmanın rekabet avantajını artırmak ve müşteri beklenti ile ihtiyaçlarına uyum sağlayarak uygun yanıtlar verebilmek için gerekli çevik operasyonları gerçekleştirmeye yönelik geliştirdiği stratejik niyet olarak tanımlamaktadır. Günümüz iş ortamında değişim etkenlerinin artan çeşitliliği ve yoğunluğu, çevikliğin önemini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda onu sürekli değişimle uyum sağlama açısından temel bir örgütsel yetenek olarak konumlandırmaktadır. (Weber & Tarba, 2014). Stratejik çevikliğe ulaşmak için, kuruluşların mevcut iş süreçlerinin hızlı bir şekilde yenilenmesini ve dönüştürülmesini sağlayan temel yetenekler geliştirmeleri gerekir. (Bock, Opsahl, George, & Gann, 2012). Örneğin, insan kaynakları yönetimi uygulamaları, örgütsel değişim ve dönüşüm süreçlerinde ortaya çıkan gerilimleri ve zorlukları yönetmede çok önemli bir rol oynayabilir. Hızlı ve yıkıcı teknolojik gelişmeler, serbestleşme, küreselleşme ve hem üretimde hem de tüketimde kitlesel kişiselleştirmenin giderek yaygınlaşması, rekabet avantajlarının kısa ömürlü olma eğiliminde olduğu aşırı rekabetçi iş ortamlarının ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur. (D'Aveni, 1999; D'Aveni, Dagnino, & Smith, 2010).

Stratejik çeviklik, kuruluşlara esnek kalma, değişikliklere hızla uyum sağlama ve yanıt verme ve zamanında eylemler uygulama yeteneği kazandırır; bu anlamda, firmaların yalnızca piyasa belirsizliği ve riskleriyle başa çıkmalarını değil, aynı zamanda ortaya çıkan fırsatlar ve rekabet karşısında kendilerini proaktif bir şekilde konumlandırmalarını da sağlar. (Sherehiy, Karwowski, & Layer, 2007). Stratejik olarak çevik bir firma, organizasyon kültürünü piyasa değişikliklerine uyarlayabilir, bu değişimlerden hızla ders çıkarabilir, dış gelişmeleri kendi avantajına kullanabilir ve ürün ve hizmetlerini sürekli olarak yeniden şekillendirebilir. (Braunscheidel & Suresh, 2009). Stratejik çevikliğe ulaşmak, hem iç hem de dış ortamları sürekli olarak izlemeyi, ilgili bilgileri hızla toplamayı ve kullanmayı ve piyasadaki değişikliklere hızla yanıt vermeyi gerektirir. (Kumkale, 2016). Stratejik çeviklik, kuruluşların rekabetçi faaliyetlerini genişletmelerini ve iyileştirmelerini sağlayarak çevresel dalgalanmalara daha etkili bir şekilde yanıt vermelerine olanak tanır. Bu sayede, genel organizasyonel performansın güçlendirilmesinde önemli bir rol oynar. (Tallon & Pinsonneault, 2011).

4.1.Stratejik Çeviklik Boyutları

Stratejik çevikliğin inşa edilmesi, iş modelinin ve işletme performansının yenilenmesini mümkün kılan bir araç olarak ortaya çıkmış olup, bu yönüyle örgütlerin değişen çevresel koşullara uyum sağlama ve rekabetçi konumlarını sürdürülebilir kılma çabalarında önemli bir rol üstlendiğini göstermektedir. (Vagnoni ve Khoddami, 2016, 626). Stratejik çevikliğin işletmelerde inşa edilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması büyük ölçüde üst yönetimin katkılarına bağlıdır; bu bağlamda stratejik çeviklik, üst yönetimin firmayı yönlendirdiği stratejik doğrultunun ağırlık merkezini üç temel boyut çerçevesinde ele almasını ve gerektiğinde yeniden şekillendirmesini gerektirmektedir. Bunlar (Doz ve Kosonen, 2017, 44);

- **Stratejik Duyarlılık:** Stratejik duyarlılık, örgütün hem dış hem de iç çevresine yönelik algısal keskinliğini, farkındalık düzeyini ve dikkat yoğunluğunu ifade eden çok boyutlu bir kavram olarak ele alınmakta; bu kapsamda, ortaya çıkan eğilimler ve değişen koşullara ilişkin erken dönem farkındalık geliştirilmesi ile stratejik değişimlerin eş zamanlı olarak anlamlandırılması sürecini bütünleştirmektedir. Bu yönüyle stratejik duyarlılık, yalnızca dış çevreye odaklanan bir izleme faaliyetinin ötesine geçerek, içsel katılımın da dahil olduğu bir strateji sürecini, yoğun ve sürekli bir dikkat odağını ve açık bir iç diyalog ortamının varlığını gerekli kılmaktadır (Doz & Kosonen, 2008). Stratejik duyarlılık, hem algısal keskinlik hem de farkındalık ve dikkat yoğunluğu ile ilişkili bir kavram olup, güçlü bir dış odak ile içsel olarak katılımcı bir strateji sürecinin, yüksek düzeyde dikkat ve zengin, yoğun ve açık bir iç diyalog ortamı ile bütünleşmesi sonucunda desteklenmektedir.
- **Liderlik Birliği:** Liderlik birliği, üst yönetimin tepe düzeyde "kazan-kaybet" siyasetinin sınırlayıcı etkilerine kapılmadan, cesur ve zamanında kararlar alabilme kapasitesini ifade etmektedir. Bu bağlamda

liderlik ekibinin birlik içinde hareket etmesi, dış çevrede ortaya çıkan stratejik değişimlerin algılanması ve bu değişimlerin olası etkilerinin entelektüel düzeyde kavranmasının ardından, kalıcı ve etkili kararların hızlı bir biçimde alınmasına olanak tanımaktadır. Liderlik birliğinin sağlanması durumunda ise kurumsal hedeflerin kişisel güvensizlikler veya tepe yönetimindeki politik çıkmazlar nedeniyle ertelenmesi önlenmekte; ayrıca kararların uygulanma sürecinde bireysel gündemlerin ve özel anlaşmazlıkların belirleyici olmasının önüne geçilmektedir. (Doz & Kosonen, 2008).

- **Kaynak Akışkanlığı:** Kaynak akışkanlığı, iş sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını ve kaynakların hızlı ve esnek bir biçimde yeniden tahsis edilmesini mümkün kılan örgütsel bir yetenek olarak tanımlanmakta; bu kapsamda kaynak tahsisi ve operasyonel iyileştirmelerin etkinliği, iş süreçlerinin sistematik analizine, insan yönetimi yaklaşımlarına ve iş modelinin dönüşümünü hızlandıran iş birliği mekanizmaları ile teşvik yapılarına dayanır. (Doz & Kosonen, 2008).

Bu üç boyut birlikte ele alındığında, stratejik çevikliğin yalnızca belirli bir yetkinlik alanına indirgenemeyecek kadar kapsamlı ve bütünleşik bir yapı sergilediği görülmektedir. Stratejik duyarlılık, örgütün çevresel değişimleri erken aşamada algılama ve anlamlandırma kapasitesini ifade ederken; liderlik birliği, bu algıların etkili ve zamanında stratejik kararlara dönüştürülmesini mümkün kılmaktadır. Kaynak akışkanlığı ise alınan bu kararların uygulamaya geçirilmesini destekleyen yapısal ve operasyonel esnekliği sağlayarak, örgütün hızlı hareket edebilmesine olanak tanımaktadır. Dolayısıyla bu üç boyut, algılama, karar alma ve uygulama süreçlerinin birbirini tamamlayan unsurları olarak stratejik çevikliğin bütüncül bir şekilde hayata geçirilmesini mümkün kılmakta ve örgütlerin değişen rekabet koşullarına etkin bir biçimde uyum sağlamasına katkıda bulunmaktadır.

5.Dijital İkiz ve Stratejik Çeviklik Arasındaki İlişki

Stratejik çevikliğin boyutları ile dijital ikiz teknolojisinin sunduğu olanaklar arasındaki kavramsal kesişim noktalarını ortaya koyarak, iki yapının stratejik, operasyonel ve öğrenme temelli süreçlerde nasıl birbirini tamamladığı aşağıda bütüncül bir çerçevede gösterilmektedir(Tablo 1).

Tablo.1. Dijital İkiz Avantajları ve Stratejik Çeviklik Boyutları İlişkisi

Dijital İkiz Avantajları	**Stratejik Çeviklik Alt Boyutları**		
	Stratejik Duyarlılık	**Liderlik Birliği**	**Kaynak Akışkanlığı**
Hızlı Prototipleme Ve Ürün Yeniden Tasarımı	Pazar ve müşteri geri bildirimlerinin hızlı analiz edilmesini ve değişimlerin erken fark edilmesini destekler	Üst yönetimin hızlı karar almasını kolaylaştırır	Ürün geliştirme kaynaklarının hızlı yeniden tahsisini mümkün kılar
Maliyet Etkinliği	Alternatif senaryoların daha düşük maliyetle değerlendirilmesine imkân sağlar	Stratejik kararların finansal olarak daha rasyonel temellere dayanmasını güçlendirir	Kaynakların daha verimli ve esnek kullanımını sağlar
Sorunları Tahmin Etme / Sistem Planlaması	Çevresel değişimlere ilişkin erken uyarı kapasitesini artırır	Ortak stratejik öngörü oluşturulmasını kolaylaştırır	Planlama doğrultusunda kaynakların yeniden yapılandırılmasını destekler
Bakımın Iyileştirilmesi Ve Optimizasyon	Sistem performansına ilişkin sürekli veri akışı ile farkındalığı artırır	Bakım stratejilerinde ortak karar alma süreçlerini güçlendirir	Operasyonel kaynakların daha etkin dağıtılmasını sağlar
Erişilebilirlik	İç ve dış çevreye ilişkin bilgiye hızlı erişim sağlayarak algısal keskinliği artırır	Ortak bilgiye dayalı karar alma süreçlerini destekler	Kaynaklara hızlı erişim ve yeniden kullanım imkânı sunar
Fiziksel Muadilinden Daha Güvenli	Risklerin erken tespit edilmesini sağlayarak çevresel farkındalığı güçlendirir	Risklere yönelik ortak stratejik tutum geliştirilmesine katkı sağlar	Deneme-yanılma süreçlerinde kaynak kaybını azaltır

Atık Azaltma	Verimlilik kayıplarının erken fark edilmesini sağlar	Sürdürülebilirlik odaklı ortak strateji geliştirilmesini destekler	Kaynak israfını azaltarak yeniden dağıtımı kolaylaştırır
Dokümantasyon Ve Iletişim	Bilgi akışını güçlendirerek çevresel farkındalığı artırır	Liderlik ekibi arasında şeffaf ve ortak anlayış geliştirir	Kaynak kullanımına ilişkin koordinasyonu kolaylaştırır
Eğitim	Organizasyonel öğrenmeyi güçlendirerek çevresel değişim algısını artırır	Ortak stratejik bakış açısının gelişmesine katkı sağlar	İnsan kaynağının yetkinlik bazlı yeniden konumlandırılmasını destekler

Örgütlerin değişen çevresel koşullara uyum sağlama kapasitesini bütüncül bir şekilde güçlendiren bir yapı sunduğu görülmektedir. Bu teknoloji, stratejik duyarlılık açısından çevresel verilerin daha hızlı ve doğru analiz edilmesine imkân tanırken, liderlik birliği açısından ortak veri ve simülasyonlar üzerinden daha tutarlı ve hızlı karar alma süreçlerini desteklemektedir. Kaynak akışkanlığı boyutunda ise dijital ikiz, kaynakların yeniden dağıtımını ve operasyonel süreçlerin esnekliğini artırarak örgütsel dönüşümün daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine katkı sağlamaktadır.

6.Sonuç

Bu çalışma, dijital ikiz teknolojisi ile stratejik çeviklik arasındaki ilişkinin kavramsal düzeyde bütüncül bir çerçevede ele alınabileceğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, dijital ikiz teknolojisinin özellikle stratejik duyarlılığı artırarak çevresel değişimlerin daha hızlı algılanmasına, liderlik birliğini destekleyerek veri temelli ve koordineli karar alma süreçlerinin güçlenmesine ve kaynak akışkanlığını geliştirerek örgütsel esnekliğin artırılmasına katkı sunduğunu göstermektedir. Bu yönüyle dijital ikiz teknolojisinin, yalnızca operasyonel verimlilik sağlayan bir araç olmanın ötesinde, stratejik çevikliğin geliştirilmesinde kritik bir kaldıraç görevi üstlendiği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, çalışmanın kavramsal niteliği dikkate alındığında, gelecekte yapılacak araştırmalarda önerilen ilişkilerin ampirik olarak test edilmesi önem taşımaktadır. Özellikle farklı sektörlerde gerçekleştirilecek nicel ve nitel çalışmalar aracılığıyla dijital ikiz uygulamalarının stratejik çeviklik boyutları üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca, dijital dönüşüm olgunluk düzeyi, örgütsel kültür ve liderlik tarzı gibi değişkenlerin bu ilişki üzerindeki aracılık veya düzenleyici rollerinin araştırılması, konunun daha derinlemesine anlaşılmasına imkân tanıyacaktır.

Kaynakça

Ambulkar, S., Blackhurst, J., Grawe, S. (2015). Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination. Journal of Operations Management, 33–34, 111–122. https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.11.002

Bock, A. J., Opsahl, T., George, G., & Gann, D. M. (2012). The effects of culture and structure on strategic flexibility during business model innovation. *Journal of Management Studies, 49*(2), 279–305 https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2011.01030.x

Braunscheidel, M. J., & Suresh, N. C. (2009). The organizational antecedents of a firm's supply chain agility for risk mitigation and response. *Journal of Operations Management, 27*(2), 119–140 https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.09.006

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (4th ed.). Sage Publications.

D'Aveni, R. A. (1999). Strategic supremacy through disruption and dominance. *MIT Sloan Management Review, 40*(3), 127–135.

D'Aveni, R. A., Dagnino, G. B., & Smith, K. G. (2010). The age of temporary advantage. *Strategic Management Journal, 31*(13), 1371–1385. https://doi.org/10.1002/smj.897

Doz, Y. L., & Kosonen, M. (2008). The dynamics of strategic agility: Nokia's rollercoaster experience. *California Management Review, 50*(3), 95–118.

Doz, Y. L., & Kosonen, M. (2017). *Fast strategy: How strategic agility will help you stay ahead of the game.* London: Wharton School Publishing.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. Academy of Management Review, 14(4), 532-550. https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385

Främling, K.; Holmström, J.; Ala-Risku, T.; Kärkkäinen, M. Product agents for handling information about physical objects. Rep. Lab. Inf. Process. Sci. Ser. B TKO-B 2003, 153.

Gartner Survey Reveals 47% of Organizations Will Increase Investments in IoT Despite the Impact of COVID-19. 2020.

Gelernter, D. Mirror Worlds: Or: The Day Software Puts the Universe in a Shoebox. How it Will Happen and What it Will Mean; Oxford University Press: Oxford, UK, 1993

Glaessgen, E.; Stargel, D. The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. In Proceedings of the 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, Honolulu, HI, USA, 23–26 July 2012; p. 1818.

Grieves, M. Origins of the Digital Twin Concept. 2016.

Grieves, M.; Vickers, J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems; Springer: Cham Switzerland, 2017; pp. 85–113.

Grieves, M.W. Product lifecycle management: The new paradigm for enterprises. Int. J. Prod. Dev. 2005, 2, 71–84. https://doi.org/10.1504/IJPD.2005.006669

Johnston, M. P. (2017). Secondary data analysis: A method of which the time has come. Qualitative and Quantitative Methods in Libraries, 3(3), 619-626.

Kaarlela, T.; Pieskä, S.; Pitkäaho, T. Digital Twin and Virtual Reality for Safety Training. In Proceedings of the 2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Mariehamn, Finland, 23–25 September 2020; pp. 115–120.

Kumkale, İ. (2016). Organizational agility: A study on Turkish SMEs.

LaGrange, E. Developing a Digital Twin: The Roadmap for Oil and Gas Optimization. In Proceedings of the SPE Offshore Europe Conference and Exhibition, Aberdeen, UK, 3–6 September 2019.

Morton, J., Stacey, P., & Mohn, M. (2018). Building and maintaining strategic agility: An agenda and framework for executive IT leaders. *California Management Review, 61*(1), 94–113

Shafto, M.; Conroy, M.; Doyle, R.; Glaessgen, E.; Kemp, C.; LeMoigne, J.; Wang, L. Draft modeling, simulation, information technology & processing roadmap. Technol. Area 2010, 11.

Sherehiy, B., Karwowski, W., & Layer, J. K. (2007). A review of enterprise agility: Concepts, frameworks, and attributes. *International Journal of Industrial Ergonomics, 37*(5), 445–460. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.01.007

Shin, H., Lee, J. N., Kim, D., & Rhim, H. (2015). Strategic agility of Korean small and medium enterprises and its influence on operational and firm performance. *International Journal of Production Economics, 168*, 181–196 https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.015

Tallon, P. P., & Pinsonneault, A. (2011). Competing perspectives on the link between strategic information technology alignment and organizational agility. *MIS Quarterly, 35*(2), 463–486. https://doi.org/10.2307/23044052

Tao F, Qi Q. Make more digital twins. Nature 2019;573:490–1. https://doi.org/10.1038/d41586-019-02849-1

Tao, F.; Cheng, J.; Qi, Q.; Zhang, M.; Zhang, H.; Sui, F. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2018, 94, 3563–3576. https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidenceinformed management knowledge by means of systematic review. British Journal of Management, 14(3), 207-222. https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375

Vagnoni, E., & Khoddami, S. (2016). Designing competitiveness activity model through the strategic agility approach in a turbulent environment. *Foresight, 18*(6), 625–648

Weber, Y., & Tarba, S. Y. (2014). Strategic agility: A state of the art introduction to the special section. *California Management Review, 56*(3), 5–12. https://doi.org/10.1525/cmr.2014.56.3.5

Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. MIS Quarterly, 26(2), xiii-xxiii. https://doi.org/10.2307/4132319

Whetten, D. A. (1989). What constitutes a theoretical contribution? Academy of Management Review, 14(4), 490-495. https://doi.org/10.5465/amr.1989.430837"

GRAFİK TASARIMDA YARATICI SÜRECİN YAPAY ZEKÂ ARAÇLARIYLA DÖNÜŞÜMÜ: AMBALAJ TASARIMI ÜZERİNE BİR İNCELEME

THE TRANSFORMATION OF THE CREATIVE PROCESS IN GRAPHIC DESIGN THROUGH AI TOOLS: A STUDY ON PACKAGING DESIGN

Doç. Dr. Burak Erhan TARLAKAZAN[1]

Özet

Grafik tasarım, görsel iletişim süreçlerini estetik, işlevsel ve anlam üretmeye yönelik bileşenler aracılığıyla yapılandıran disiplinlerarası bir tasarım alanı olarak, toplumsal ihtiyaçlar ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda sürekli dönüşüm göstermektedir. Bu dönüşümün önemli uygulama alanlarından biri olan ambalaj tasarımı ise yalnızca ürünü koruyan bir yüzey olmaktan öte; marka kimliğini temsil eden, kullanıcıyla ilk temas noktasını oluşturan ve tüketici davranışlarını yönlendiren stratejik bir görsel iletişim aracına dönüşmüştür. Günümüzde dijitalleşme ve üretken yapay zekâ teknolojilerinin tasarım süreçlerine entegre edilmesiyle birlikte ambalaj tasarımı, fikir geliştirme, görsel alternatif üretme ve karar verme aşamalarında yeni yöntem ve yaklaşımlarla yeniden şekillenmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ destekli tasarım araçları, tasarımcının yaratıcı süreçteki rolünü dönüştüren ve tasarım pratiklerini hız, çeşitlilik ve deneysel üretim olanakları açısından genişleten önemli bir teknolojik eşik olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, grafik tasarım alanında yaratıcı sürecin yapay zekâ (YZ) araçlarıyla geçirdiği dönüşümü, ambalaj tasarımı odağında incelemeyi amaçlamaktadır. Son yıllarda üretken yapay zekâ sistemlerinin (görsel üretim, renk önerme, tipografi varyasyonları ve kompozisyon oluşturma gibi) tasarım süreçlerine entegre edilmesi, tasarımcının rolünü yeniden tanımlayan önemli bir paradigma değişimine yol açmıştır. Bu bağlamda araştırma, yapay zekâ destekli araçların ambalaj tasarımındaki kavramsal geliştirme, görsel üretim ve karar alma aşamalarına etkisini ele almaktadır.

Çalışma nitel araştırma yöntemine dayanmaktadır. Araştırma kapsamında, güncel yapay zekâ tabanlı tasarım araçlarıyla üretilmiş ambalaj tasarımı örnekleri incelenmiş; bu örnekler yaratıcı süreç, estetik çeşitlilik, hız ve tasarımcı müdahalesi açısından analiz edilmiştir. Ayrıca, geleneksel tasarım süreçleri ile yapay zekâ destekli süreçler karşılaştırılarak yaratıcı kontrol, özgünlük ve tasarım kararlarının niteliği değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, yapay zekâ araçlarının tasarım sürecini hızlandırdığını, görsel çeşitliliği artırdığını ve özellikle kavramsal eskiz aşamasında tasarımcıya önemli bir destek sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, estetik bütünlük, bağlamsal anlam ve marka kimliği gibi unsurların korunmasında tasarımcının eleştirel ve yönlendirici rolünün belirleyici olmaya devam ettiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma, yapay zekânın grafik tasarımda yaratıcı süreci ikame eden değil, tasarımcıyla birlikte çalışan bir araç olarak konumlandığını ortaya koymakta; ambalaj tasarımında insan–makine iş birliğine dayalı yeni bir yaratıcı model önerisi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Grafik Tasarım, Tasarım Teknolojileri, Yaratım Süreci, Yapay Zekâ, Ambalaj Tasarımı.*

[1] Kastamonu Üniversitesi, tarlakazan@hotmail.com

Abstract

Graphic design, as an interdisciplinary field that structures visual communication processes through aesthetic, functional, and meaning-generating elements, is constantly evolving in response to societal needs and technological advancements. Packaging design, a key application area of this transformation, has evolved beyond merely serving as a protective surface for the product; it has become a strategic visual communication tool that represents brand identity, serves as the first point of contact with the user, and influences consumer behavior. Today, with the integration of digitalization and generative AI technologies into design processes, packaging design is being reshaped by new methods and approaches in the stages of idea development, generating visual alternatives, and decision-making. In this context, AI-powered design tools stand out as a significant technological milestone that transforms the designer's role in the creative process and expands design practices in terms of speed, diversity, and experimental production capabilities.

This study aims to examine the transformation of the creative process in the field of graphic design through the use of artificial intelligence (AI) tools, with a focus on packaging design. In recent years, the integration of generative AI systems (such as visual generation, color suggestion, typographic variations, and composition creation) into design processes has led to a significant paradigm shift that redefines the designer's role. In this context, the research examines the impact of AI-supported tools on the conceptual development, visual production, and decision-making stages of packaging design.

The study is based on a qualitative research methodology. As part of the research, examples of packaging designs created using current AI-based design tools were examined; these examples were analyzed in terms of the creative process, aesthetic diversity, speed, and designer intervention. Additionally, traditional design processes were compared with AI-supported processes to evaluate creative control, originality, and the quality of design decisions. The findings indicate that AI tools accelerate the design process, increase visual diversity, and provide significant support to designers, particularly during the conceptual sketching phase. However, it was found that the designer's critical and guiding role remains decisive in preserving elements such as aesthetic coherence, contextual meaning, and brand identity. In conclusion, the study demonstrates that artificial intelligence is positioned not as a replacement for the creative process in graphic design, but as a tool that works alongside the designer; it proposes a new creative model based on human–machine collaboration in packaging design.

Keywords: *Graphic Design, Design Technologies, The Creative Process, Artificial İntelligence, Packaging Design.*

1. Giriş

21. Yüzyıl teknolojik gelişmelerin hızla yenilendiği ve birçok alanın olmazsa olmazı haline geldiği bir dönemi temsil etmektedir. Dünyanın var oluş süreci incelendiğinde; insanların hayatta kalma ve barınma pratikleri dışında (ateşin bulunması, tarımsal üretim), düşünsel değişimler (Rönesans, bilimsel devrim vb.), toplumsal-siyasal dönüşümler (inanç sistemleri, devrimler, savaşlar) ve teknolojik kırılmalar (matbaanın bulunması, sanayi devrimi, internet ve yapay zekâ) olmak üzere dört ana eksen başlıklanabilir. Bu başlıkların her biri kendi içerisinde çok önemli ve hayati yaşanmışlıklar barındırmakla birlikte; özellikle yüzyılımızın kapsamı alanına giren teknolojik kırılmalar belki de en önemli boyutu temsil etmektedir.

Zira önceki dönemlerde gerçekleşen aşamalar yüzyıllara yayılan bir adaptasyon süreci gerektirirken, günümüzün dijital ve sentetik paradigmaları insanlık tarihindeki en yüksek ivmeli dönüşümü tetiklemektedir. İnternet ve özellikle yapay zekâ kavramı ile somutlaşan bu yeni eşik, yalnızca araçlarımızı değil; bilgiyi işleme, gerçekliği algılama ve yaratıcı süreçleri inşa etme biçimlerimizi de kökten bir revizyona tabi tutmaktadır. Bu bağlamda teknoloji, artık insanın dış dünyayı kontrol etmek için kullandığı bir enstrüman olmaktan çıkmış, bilişsel ve toplumsal varoluşun ayrılmaz bir bileşeni haline gelmiştir. Bu bilişsel entegrasyonun en somut yansımaları, gündelik hayatın fiziksel sınırlarından entelektüel üretimin estetik derinliklerine kadar uzanan geniş bir perspektifte kendini göstermektedir. Nitekim otonom araçların fiziksel mekânı ve mobiliteyi yeniden tanımlaması gibi, yapay zekâ destekli araçlar da sanat ve tasarım evreninde benzer bir paradigma değişimine yol açarak, özellikle grafik tasarım disiplinini teknik bir uygulama alanı olmaktan çıkarıp insan-makine etkileşimli yeni bir yaratıcı zekâ formuna dönüştürmektedir. Bu yeni düzlemde yapay zekâ, grafik tasarımcı için sadece bir operasyonel araç değil; tasarımın kavramsal inşasından görselleştirilmesine kadar her aşamada veriyle beslenen, olasılıkları genişleten ve insan yaratıcılığını dijital bir sezgiyle tahkim eden hibrit bir iş ortağı niteliği kazanmaktadır. Yapay zekâ ile somutlaşan bu yeni "hibrit yaratıcılık" evresi, aslında insanlık tarihindeki iletişim pratiklerinin teknolojik araçlarla şekillenen uzun soluklu yolculuğunun en güncel ve radikal halkasını teşkil etmektedir.

İnsanlık tarihi boyunca iletişim, kullanılan araçların ve tekniklerin gelişimiyle paralel bir evrim geçirmiş; her yeni teknolojik kırılma, bilginin üretilme ve yayılma biçimlerini kökten değiştirmiştir (McLuhan, 1964, s.7-8). İletişim dünyasındaki bu makro düzeydeki değişim dalgaları, kendini en belirgin ve somut haliyle görsel kültürün inşa süreçlerinde hissettirmiş görsel dili yapılandıran temel disiplinlerin gelişim çizgisine de doğrudan yön vermiştir.
Bu bağlamda iletişim teknolojilerindeki dönüşümler, yalnızca araçsal değil, aynı zamanda kültürel ve bilişsel yapıları da yeniden şekillendiren süreçler olarak değerlendirilmektedir (McLuhan, 1964; Manovich, 2001). İletişim dünyasındaki bu makro düzeydeki değişim dalgaları, kendini en belirgin biçimde görsel kültürün inşa süreçlerinde göstermiş; görsel dili yapılandıran temel disiplinlerin gelişim çizgisine doğrudan yön vermiştir.
Görsel iletişim tasarımının temelini oluşturan grafik tasarım disiplini de mağara duvarlarındaki tasvirlerden matbaanın icadına, fotomekanik süreçlerden dijital ekranlara uzanan sürekli bir dönüşüm süreci içerisinde varlık göstermiştir. Grafik tasarımın tarihsel gelişimi, kullanılan üretim araçları ile temsil biçimleri arasındaki güçlü ilişkiyi ortaya koymaktadır (Meggs & Purvis, 2016).

Geleneksel tekniklerden kopuşu simgeleyen bu evrimsel çizgi, dijital devrimle birlikte analog üretim biçimlerini sarsarak tasarımın icra edildiği araçsal düzlemi kökten bir değişime zorlamıştır. Tasarım disiplininin tarihsel yolculuğunun bu aşaması, donanımsal gelişimlerin yazılımsal sistemlerle birleşmesiyle yeni bir üretim paradigmasının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Manovich, 2001).

Yirminci yüzyılın sonlarında masaüstü yayıncılık ve bilgisayar destekli tasarım teknolojileriyle ivme kazanan bu dönüşüm, günümüzde yerini algoritmik düşünme, kodlama ve hesaplamalı tasarım yaklaşımlarına bırakmaktadır (Terzidis, 2006).

Ancak 21. yüzyılın ilk çeyreğinde hız kazanan yapay zekâ temelli gelişmeler, önceki dijitalleşme süreçlerinden yapısal olarak farklı bir nitelik taşımaktadır. Bu farklılık, teknolojinin yalnızca bir araç olmaktan çıkarak karar verme süreçlerine katılan ve üretkenlik sağlayan bir aktör haline gelmesiyle açıklanabilir (Boden, 2004; Boden, 2016). Bu durum, tasarımın metodolojik zeminini yeniden tanımlamakta ve yaratıcı süreci dönüştürmektedir.

Geleneksel dijitalleşme, tasarımcının elindeki araçları dönüştürerek üretim hızını artırırken; üretken yapay zekâ sistemleri, insan zihninin bilişsel süreçlerine ortak olan "hesaplamalı yaratıcılık" düzleminde köklü bir paradigma

değişimi yaratmaktadır (Boden, 2016). Tasarım disiplinindeki bu dönüşüm, görsel iletişim tasarımının en stratejik alanlarından biri olan ambalaj tasarımında daha da karmaşık bir yapı kazanmaktadır. Ambalaj tasarımı; estetik kaygıların ötesinde malzeme bilgisi, ergonomi, pazarlama stratejisi ve sürdürülebilirlik gibi çok katmanlı parametrelerin birlikte ele alındığı bir süreçtir (Klimchuk & Krasovec, 2012).

Yapay zekâ araçlarının bu sürece dâhil olması, ambalaj tasarımının hem yapısal kurgusunda hem de görsel dilinde veri temelli yeni bir metodolojiyi zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda eldeki çalışma, *"Grafik Tasarımda Yaratıcı Sürecin Yapay Zekâ Araçlarıyla Dönüşümü: Ambalaj Tasarımı Üzerine Bir İnceleme"* başlığı altında, söz konusu teknolojik dönüşümün ambalaj tasarımı özelindeki yansımalarını, sunduğu fırsatları ve tasarımcının değişen rolünü analiz etmeyi amaçlamaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Grafik Tasarım

Grafik tasarım, en temelde bir mesajı görsel yollarla belirli bir kitleye aktarma sanatı ve disiplinidir. Günümüzde sadece estetik bir kaygı değil, aynı zamanda stratejik bir problem çözme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Savaş ve Kılıç; 2025, Demirel ve Tarlakazan; 2025, Fair; 2025).

Grafik tasarım, görsel bir dille iletişim kurma sürecidir. Becer'e (2021) göre bu disiplin, "görsel bir iletiyi en etkili biçimde iletmek amacıyla yazı, resim ve renk ögelerinin belli bir düzen içinde bir araya getirilmesidir" (s. 32). Sadece sanatsal bir dışavurum değil, işlevsel bir amaç güden tasarım süreci; tipografi, illüstrasyon ve fotoğraf gibi unsurların organizasyonuna dayanır. Ambrose ve Harris (2013) ise grafik tasarımı, "bilgiyi düzenleme ve mesajı görünür kılma sanatı" olarak nitelendirerek, tasarımcının rolünün karmaşık verileri anlaşılır hale getirmek olduğunu vurgular (s. 12).

Grafik tasarımın kökenleri, insanın görsel işaretlerle iletişim kurma ihtiyacına dayanarak mağara duvarlarındaki piktogramlara kadar uzansa da, modern anlamda disiplinin şekillenmesi Sanayi Devrimi ile hız kazanmıştır. Meggs ve Purvis (2016), tasarım tarihinin dönüm noktasının Johannes Gutenberg'in hareketli metal harflerle baskı tekniğini bulması olduğunu belirtir. Bu buluş, bilginin yayılmasını demokratikleştirmiş ve grafik iletişimin temelini atmıştır (s. 84).

Yüzyılın başında kurulan Bauhaus Okulu, modern grafik tasarım anlayışının teorik ve pratik temellerini atmıştır. Bu dönemde tasarım, "biçim işlevi takip eder" (form follows function) ilkesiyle süslemeden arınarak daha minimalist ve geometrik bir yapıya bürünmüştür. 1950'li yıllarda ortaya çıkan İsviçre Tasarım Üslubu (Uluslararası Tipografik Stil), ızgara (grid) sistemlerini kullanarak tasarımda evrensel bir düzen ve netlik arayışını zirveye taşımıştır (Ambrose & Harris, 2013, s. 45). Günümüzde ise dijital devrim ve yapay zekâ araçlarının sürece dâhil olmasıyla birlikte grafik tasarım, statik bir yüzeyden dinamik ve etkileşimli bir deneyime dönüşmüştür.

21. Yüzyılda grafik tasarım, sadece bir "yüzey düzenleme" disiplini olmaktan çıkıp, teknolojinin merkezinde yer alan dinamik bir ekosisteme evrilmiştir. Bu dönüşüm, statik mecralardan; etkileşimli ve çok boyutlu platformlara geçişle karakterize edilir. Bu süreçte tasarımcı, sadece bir "uygulayıcı" değil, aynı zamanda kullanıcı deneyimini kurgulayan bir "stratejist" haline gelmiştir.

Geleneksel matbaa teknolojileri, yerini ekran tabanlı ve kullanıcı odaklı (UX/UI) tasarımlara bırakmıştır. Landa (2018), dijital dönüşümün tasarımı "izlenen bir nesne" olmaktan çıkarıp "deneyimlenen bir süreç" haline getirdiğini savunmaktadır (s. 8). Hareketli grafikler (motion graphics), artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) uygulamaları, grafik tasarımın sınırlarını fiziksel kâğıdın ötesine taşıyarak izleyiciyle kurulan bağı hibrit bir düzleme çekmiştir.

Dijitalleşmenin en güncel evresi, üretken yapay zekâ (Generative AI) araçlarının tasarım sürecine entegrasyonudur. Bu durum, tasarımın demokratikleşmesine olanak sağlarken aynı zamanda yaratıcı sürecin doğasını da değiştirmektedir. Noble ve Bestley (2005), dijitalleşmenin tasarımcıya veriyi görselleştirme ve karmaşık sistemleri yönetme konusunda yeni yetkinlikler kazandırdığını belirtir (s. 142). Tasarımcı artık bir görseli sıfırdan çizmek yerine, algoritmaları yöneten ve görsel dili kürate eden bir "yönetmen" pozisyonuna geçmektedir.

Dijital dönüşüm aynı zamanda çevresel bir farkındalığı da beraberinde getirmiştir. Kâğıt israfının azalması ve dijital yayıncılığın yükselişi, tasarımı "Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları" ile daha uyumlu hale getirmiştir. Bu bağlamda 21. yüzyıl grafik tasarımı, sadece estetik bir çıktı değil; sosyal sorumluluk, erişilebilirlik ve çevre bilinci gibi kavramların dijital araçlarla harmanlandığı bir disiplin olarak yeniden tanımlanmaktadır.

2.2. Grafik Tasarımda Yaratıcı Süreç Modelleri: Geleneksel İş Akışları ve Yeni Paradigmalar

Grafik tasarım disiplininde geleneksel yaratıcı süreç, genellikle problemi tanımlama (brief), araştırma, kavramsal geliştirme, eskiz üretimi ve nihai uygulama aşamalarından oluşan doğrusal ve aşamalı bir yapı olarak ele alınmaktadır (Cross, 2008; French, 1985; Purcell & Gero, 1998).

Grafik tasarımın metodolojik temelleri, tasarımın bir "zanaat" olmaktan çıkıp sistematik bir "disiplin" haline geldiği Modernist dönemde atılmıştır. Bruce Archer, tasarımı rasyonel bir problem çözme süreci olarak tanımlayarak, süreci analiz ve sentez aşamalarına bölen katı bir yapı önermiştir. Archer'a göre tasarım süreci; verilerin toplandığı, analiz edildiği ve ardından somut bir çözüme ulaşıldığı doğrusal bir izleğe sahiptir (Archer, 1965, s. 12). Archer'a göre tasarım, "organize edilebilir ve aşamalı olarak ilerleyen bir problem çözme etkinliğidir" (Archer, 1984, s. 58).
Bu yaklaşım tasarımında şu şekilde karşılık bulur:
-Marka briefinin alınması
-Hedef kitle ve pazar analizi
-Ambalaj formu ve grafik dilin belirlenmesi
-Eskiz ve alternatif geliştirme
-Üretim ve baskı süreci, Bu yapı, geri dönüşlerin sınırlı olduğu kontrollü ve planlı bir süreçtir.

Benzer şekilde Bruno Munari, tasarımı "sanatsal bir içgörüden" ziyade mantıksal bir silsile olarak görür. Munari'nin ünlü modelinde, problem parçalara ayrılır; ardından malzeme ve teknoloji verileri toplanarak denemeler yapılır. Munari bu süreci, her adımın bir sonrakini doğurduğu ardışık bir akış olarak betimler (Munari, 1971, s. 45).

Bruno Munari, tasarım sürecini adım adım ilerleyen bir problem çözme sistemi olarak tanımlar. Munari'ye göre "yaratıcılık kontrol edilebilir ve sistematik bir süreçtir" (Munari, 1971, s. 65–67).
Tasarımda bu model:
-Teknik gerekliliklerin (malzeme, dayanıklılık);
-Estetik kararlarla dengelenmesi, üzerine kuruludur.

Nigel Cross ise bu "tasarımcıca düşünme" (designerly thinking) biçimini, belirsizlikleri adım adım gidermeye yönelik stratejik ve sistematik bir ilerleyiş olarak nitelendirir (Cross, 1982, s. 221). Geleneksel süreçlerde tasarımcı, brief'ten eskize, eskizden uygulamaya uzanan bu akışın tek hâkimi ve uygulayıcısıdır.

Nigel Cross, tasarım sürecini problem ve çözüm arasında ilerleyen bir bilişsel süreç olarak tanımlar. Cross'a göre tasarımcı, "problemi ve çözümü birlikte geliştiren aktif bir aktördür" (Cross, 2001, s. 50–52).
Tasarımda bu durum:
-Marka kimliği ile formun eşleşmesi
-Raf etkisi (shelf impact) oluşturma
-Kullanıcı deneyimi (ergonomi, açma-kapama); gibi unsurların tasarımcı tarafından bütüncül şekilde kurgulanması anlamına gelir.
Bu teorik yaklaşımlar pratikte şu modele dönüşür:
Brief → Araştırma → Eskiz → Dijital Tasarım → Prototip → Üretim
Bu modelin temel özellikleri: Doğrusal ilerleme, sınırlı iterasyon tekil çözüm üretimi.

2.3. Grafik Tasarımda Yapay Zekâ ve Hesaplamalı Yaratıcılık

Son yıllarda üretken yapay zekâ, tasarım sürecini köklü biçimde dönüştürmüştür. Yu (2025), yapay zekânın tasarım sürecinde "yaratıcı bir ortak" haline geldiğini ve süreci yeniden yapılandırdığını belirtir (Yu, 2025, s. 6–8). Bu dönüşüm, tasarımda:
-Alternatif üretim hızının artması
-Veri temelli kararların öne çıkması
-Görsel çeşitliliğin genişlemesi, şeklinde kendini göstermektedir.
2020-2026 yılları arasını kapsayan teknolojik kırılmalar, tasarımın bu geleneksel "doğrusal" yapısını sarsarak yerini döngüsel ve etkileşimli bir modele bırakmıştır. Günümüzde Üretken Yapay Zekâ (ÜYZ) ve hesaplamalı tasarım (computational design) yaklaşımları, tasarımın "zihinde başlayıp kâğıtta biten" yapısını değiştirmiştir.

Yeni paradigmada tasarım, doğrusal bir süreç olmaktan çıkarak insan ile algoritmik sistemler arasında gerçekleşen sürekli geri besleme döngülerine dayalı iteratif bir yapıya dönüşmüştür. Bu bağlamda yapay zekâ, yalnızca bir uygulama aracı değil, yaratıcı sürece aktif olarak katılan ve tasarım bilişini dönüştüren bir "işbirlikçi ortak" olarak konumlanmaktadır (Rezwana & Ford, 2025; Liu, 2025; Kadenhe et al., 2025; Wang et al., 2025).

Türkiye'deki güncel çalışmalarda da vurgulandığı üzere, yapay zekâ araçları tasarım sürecini "teknik bir iş yükü" olmaktan çıkarıp, tasarımcıyı binlerce olasılık arasından seçim yapan bir "veri küratörü" konumuna taşımıştır (Büyükkaragöz, 2025; Alkan ve Oduncu, 2024; Karaşahinoğlu. 2020).

Chen vd. (2026), yapay zekâ destekli tasarım süreçlerini "insan ve algoritma arasında sürekli geri besleme döngüsü içeren hibrit sistemler" olarak tanımlar (s. 4–6). Grafik tasarımda bu yaklaşım:
-Form optimizasyonu (malzeme kullanımı, sürdürülebilirlik)
-Grafik varyasyon üretimi
-Kullanıcı verisine göre özelleştirme, gibi alanlarda kullanılmaktadır.
McLeena ve Laura (2026), yapay zekâ destekli tasarım süreçlerinin iterasyon hızını önemli ölçüde artırdığını ve çoklu alternatif üretimi mümkün kıldığını belirtir (s. 110–112).
Bu durum tasarımda şu yeni iş akışını doğurur:
Prompt → Generatif Üretim → Seçim → Revizyon → Yeniden Üretim → Kürasyon
Geleneksel ve yeni paradigmalar arasındaki temel fark, tasarımcının sürece müdahale etme biçiminde yatmaktadır (Tablo 1). Ambalaj tasarımı gibi teknik hassasiyetin (bıçak izi, malzeme dayanımı) ve görsel estetiğin (tipografi, renk psikolojisi) iç içe geçtiği alanlarda bu değişim daha belirgindir.

Tablo 1. Geleneksel Tasarım ve Yapay Zekâ Destekli Tasarım Karşılaştırma

Geleneksel Tasarım	**Yapay Zekâ Temelli Tasarım**
Brief	Prompt
Araştırma	Veri / algoritma
Eskiz	Generatif çıktı
Uygulama	Kürasyon

2.4. Yapay Zekâ Teknolojileri ve Tasarım Araçları: Çalışma Prensipleri

Görsel iletişim ve grafik tasarımındaki devrimin teknik altyapısını, temelde "Difüzyon Modelleri" *(Diffusion Models)* ve Generative Adversarial Networks *(GANs - Üretken Çekişmeli Ağlar)* oluşturmaktadır (Chang et al., 2023; İnal & Tarlakazan 2026a, İnal & Tarlakazan 2026b). Difüzyon modelleri, orijinal bir veriye (görsele) kademeli olarak rastgele gürültü (noise/parazit) ekleyip onu tamamen bozduktan sonra, kullanıcının girdiği metinsel komutlar (prompt) doğrultusunda bu gürültüyü adım adım temizleyerek (denoising) yepyeni ve anlamlı pikseller inşa etme prensibiyle çalışır (Gök & Gülaçtı, 2025). Bu "Metinden-Görsele" (Text-to-Image) sentezleme teknolojisi, pazarın önde gelen araçlarında farklı karakterlerde karşımıza çıkmaktadır:

•Midjourney: Estetik kalitesi, sinematik ve fütüristik görseller (örneğin 3D ambalaj illüstrasyonları) üretmedeki başarısıyla öne çıkar. Ancak, tipografik tutarlılık ve spesifik marka kurallarına tam uyum sağlama konusunda sınırlılıkları vardır ve genellikle konsept geliştirme aşamasında tercih edilir (Ratakonda, 2025).

•DALL-E: OpenAI'ın geliştirdiği bu sistem, doğal dil işleme (NLP) yetenekleriyle bütünleşik çalışarak metinsel komutları anlamsal düzeyde çok daha doğru çözer. Tasarımcının girdiği uzun ve karmaşık bir ambalaj brief'ine (içerik, hedef kitle, kompozisyon) sadık kalma konusunda avantajlıdır (Ramesh et al., 2021; OpenAI, 2021)

•Adobe Firefly, ticari kullanıma uygun içerik üretimi hedefiyle lisanslı ve telif hakları açısından güvenli veri setleriyle eğitilmiş bir üretken yapay zekâ sistemi olarak öne çıkmaktadır. Sistem, Adobe Creative Cloud ekosistemiyle entegre çalışarak Photoshop ve Illustrator gibi yazılımlar içinde doğrudan kullanılabilmekte ve mevcut tasarım iş akışlarını kesintiye uğratmadan genişletmektedir (Adobe, 2023b, para. 5–7). Özellikle "generative fill" gibi özellikler, görseller üzerinde nesne ekleme, çıkarma ve genişletme işlemlerini mümkün

kılarken, tasarımcıya yüksek düzeyde kontrol ve müdahale imkânı sunarak katmanlı ve esnek bir üretim süreci sağlamaktadır (Adobe, 2023a, para. 6–10).

•Görselleştirmenin ötesinde, ambalaj tasarımına özgü geliştirilen yapay zekâ ve otomasyon tabanlı araçlar, tasarım ve üretim süreçlerini bütüncül biçimde yeniden yapılandırmaktadır. Bu sistemler, dieline (bıçak izi) yönetimi, otomatik metin ve barkod yerleşimi, kalite kontrol (proofing) ve yasal uygunluk (compliance) denetimleri gibi süreçleri algoritmik olarak yöneterek iş akışlarını standartlaştırmakta ve hata riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Esko, 2022, para. 3–6; ManageArtworks, 2024, para. 4–7; Loftware, 2023, para. 2–5; Packly, 2024, para. 3–5). Bu araçların efektif kullanımı, tasarımcının niyetini yapay zekânın anlayabileceği dilsel kurgulara çevirmesini gerektiren "İstem (promt) Mühendisliği" (Prompt Engineering) becerisini 2026 vizyonunda grafik tasarımcıların en kritik yetkinliği hâline getirmiştir (İnal & Tarlakazan 2026a).

2.5. Üretken Tasarım (Generative Design) Kavramı ve Sektörel Yansımaları:

Üretken tasarım (Generative Design); "belirli tasarım değerlerini değiştirerek yapılan parametrik tasarımlar ya da bir tasarımın belirli bir 'evrimsel' süreç sonucunda şekillenmesi" olarak tanımlanan, algoritmik varyasyon üretimine dayalı bir yaklaşımdır (Çitci, 2020, s. 27). Tasarımın bu hesaplamalı (computational) yaklaşımında algoritmalar, tasarımcının koyduğu kurallar çerçevesinde olasılıkları hesaplar. Çitci (2020, s. 33), bu durumu Sagmeister & Walsh tarafından kurgulanan Casa da Musica dinamik logosu üzerinden örneklendirmekte; yazılıma yüklenen herhangi bir görseldeki renklerin algoritmalar tarafından otomatik seçilip markanın kurumsal kimlik formuna kusursuz bir biçimde uyarlandığını aktarmaktadır.

Bu algoritmik yeteneklerin ambalaj odaklı üretken tasarım bağlamında sektörde nasıl karşılık bulduğu incelendiğinde ise Kastamonu Üniversitesi araştırmacıları Demirel İnal ve Tarlakazan'ın (2024, s. 372) Türkiye pazarına yönelik vaka analizleri kritik bir gerçeği ortaya koymaktadır. Nutella, Albeni ve Blade gibi önde gelen markaların "yapay zekâ destekli" olarak duyurdukları ambalaj tasarımlarında, durum tamamen yapay zekânın sıfırdan yaptığı otonom bir üretim değildir. Araştırma sonucunda, "söz konusu ambalajların köklü tasarım unsurlarının büyük oranda muhafaza edildiği ve yapay zekânın yalnızca belirli tasarım öğelerinin modifikasyonunda kullanıldığı tespit edilmiştir" (Demirel İnal & Tarlakazan, 2024, s. 372). Bu bağlamda üretken tasarım ve YZ araçları, ambalaj sektöründe tasarımcının yerini alan otonom yapılar olmaktan ziyade, "büyük ölçüde profesyonel tasarımcılar ve ajansların kontrolünde yürütülen" (Demirel İnal & Tarlakazan, 2024, s. 372) ve pazar varyasyonlarını zenginleştiren, post-prodüksiyon odaklı bir "tamamlayıcı araç" statüsündedir.

3. Metodoloji

Bu çalışma, grafik tasarımda yaratıcı sürecin yapay zekâ araçlarıyla yaşadığı dönüşümü ambalaj tasarımı özelinde anlamlandırmayı hedefleyen nitel bir araştırmadır. Araştırmada, teknolojik gelişmelerin tasarım pratiği üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemek amacıyla vaka çalışması (örnek olay/case study) ve doküman analizi ve betimsel analiz yöntemleri benimsenmiştir.

3.1. Araştırmanın Deseni ve Kapsamı

Araştırma kapsamında, güncel üretken yapay zekâ (ÜYZ) araçları (Midjourney, DALL-E, Adobe Firefly vb.) kullanılarak tasarlanmış veya bu süreçlerle optimize edilmiş ya da ambalaj üzerinde *"yapay zekâ ile üretilmiştir"* ibaresi olan ambalaj tasarımı örnekleri seçilmiştir. Örneklem seçiminde; hem otonom/deneysel çalışmalar hem de sektörde karşılık bulmuş (Nutella, Albeni vb.) "hibrit" üretimler gözetilerek geniş bir perspektif sunulması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada analiz edilecek örneklemleri belirlemek amacıyla, yapay zekâ destekli ambalaj tasarımı ve reklam uygulamalarını temsil eden güncel marka çalışmaları arasından amaçlı örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Araştırma kapsamında; Nutella Unica , Superfresh Orman Meyveleri, Three 3's Brewery, Coca-Cola Y3000 Zero Sugar, Glenlivet Viski, Night Shift Brewing, Eti PopKek GPT, Vivi Nova İçecek, Acvit Yapay Zekâ Anti Aging Serum, Hayfene Spice GPT Baharat, Albeni, Party Deniz Tuzlu Tortilla Cipsi, Obsesso Kahve ile Blade A.I. 1.0 ve 2.0 Deodorant reklamları incelenmiş; bu örnekler arasından çalışma problemini en görünür biçimde temsil ettiği düşünülen üç reklam seçilmiştir.

Söz konusu seçkiyi oluşturmak amacıyla; yapay zekâ teknolojisinin yaratıcı süreç içerisindeki kullanım biçimi, ambalaj tasarımına olan etkisi, marka iletişiminde deneyimsel yaklaşım geliştirmesi, kullanıcı etkileşimini artırması ve görsel dilde yenilikçi bir estetik sunması gibi ölçütler dikkate alınmıştır. Böylece araştırma kapsamında belirlenen reklam örneklerinin, yapay zekâ destekli tasarım anlayışının grafik tasarım pratiğinde meydana getirdiği dönüşümü çok yönlü biçimde incelemeye olanak sağlaması amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda seçilen örnekler, yalnızca estetik açıdan değil; aynı zamanda tüketici deneyimi, marka stratejisi, kişiselleştirme yaklaşımı ve yapay zekâ destekli yaratıcı üretim süreçleri açısından da değerlendirilmiş; böylece çalışmanın kuramsal çerçevesi ile uygulama alanı arasında bütüncül bir ilişki kurulması hedeflenmiştir.

3.2. Veri Toplama Teknikleri

Araştırmanın verileri, doküman incelemesi tekniğiyle elde edilmiştir. Bu süreçte şu kaynaklardan yararlanılmıştır: Yapay zekâ araçlarıyla üretilen tasarım portfolyoları ve vaka analizleri. Markaların yapay zekâ destekli kampanya raporları ve literatürdeki güncel akademik yayınlar. Geleneksel ve yapay zekâ temelli iş akışlarını karşılaştıran metodolojik veriler.

3.3. Veri Analiz Kriterleri

İncelenen ambalaj tasarımları, çalışmanın kuramsal çerçevesinde belirlenen “Hesaplamalı Yaratıcılık” ve “İnsan-Makine İş Birliği” ekseninde şu dört temel kriter üzerinden analiz edilmiştir:

Yaratıcı Süreç ve Hız: Tasarımın fikir aşamasından (prompt/istem) görselleşme aşamasına kadar geçen sürenin geleneksel yöntemlerle kıyaslanması.

Estetik Çeşitlilik ve Özgünlük: Yapay zekânın sunduğu görsel varyasyonların zenginliği ve tasarımın marka kimliğine uygunluğu.

Teknik Uygulanabilirlik: Üretilen görsellerin ambalajın teknik gerekliliklerine (bıçak izi, malzeme bilgisi, yasal uyumluluk) ne ölçüde yanıt verdiği.

Tasarımcı Müdahalesi (Kürasyon): Süreçte tasarımcının “karar verici” ve “yönlendirici” rolünün ağırlığı; yapay zekânın otonomluğu ile tasarımcının eleştirel süzgeci arasındaki denge.

4. Bulgular

Bu bölüm; yapay zekâ destekli araçlar kullanılarak tasarlanmış seçili ambalaj örneklerinin belirlenen analitik kriterler doğrultusunda sistematik bir değerlendirmesini sunmaktadır. İnceleme kapsamına alınan ambalajlar; görsel dilin özgünlüğü, marka kimliğiyle kurduğu ilişki, kullanıcıyla kurduğu duygusal bağ, kültürel referans üretimi ve tasarım sürecinde yapay zekânın rolü vb. parametreler çerçevesinde ele alınmıştır. Bu bağlamda bulgular, yapay zekâ araçlarının yalnızca üretim hızını artıran teknik araçlar olmanın ötesinde, tasarımın estetik, anlamsal ve deneyimsel boyutlarını dönüştüren yaratıcı aktörler olarak konumlandığını göstermeyi amaçlamaktadır. Ayrıca elde edilen veriler, söz konusu ambalajların hem geleneksel tasarım pratikleriyle kurduğu süreklilikleri hem de bu pratiklerden ayrıştığı yenilikçi yönleri ortaya koyarak, yapay zekâ-temelli tasarım yaklaşımlarının ambalaj tasarımı alanındaki etkilerini tartışmaya açmaktadır.

4.1. Nutella Unica Ambalaj Tasarımı

Görsel 1. Nutella Unica Ambalaj Tasarımı

Kaynak: *https://www.adsoftheworld.com/campaigns/unica*

Günümüzün yoğun rekabet ortamında tüketicilerin dikkatini çekebilmek, yalnızca geleneksel reklam stratejileriyle değil; yaratıcı, yenilikçi ve deneyim odaklı pazarlama yaklaşımlarını benimsemekle mümkün hâle gelmiştir. Tüketicilerin her gün çok sayıda görsel ve dijital mesaja maruz kalması, markaları farklılaşma stratejileri geliştirmeye yöneltmektedir. Bu bağlamda Nutella tarafından gerçekleştirilen "Nutella Unica" kampanyası, yapay zekâ teknolojilerinin ambalaj tasarımında nasıl etkili bir pazarlama aracına dönüştürülebileceğini göstermesi açısından dikkat çekici bir örnek oluşturmaktadır.

Söz konusu kampanyada yapay zekâ destekli üretim sistemi kullanılarak yaklaşık yedi milyon farklı kavanoz tasarımı oluşturulmuş, böylece her bir ürünün benzersiz bir görsel kimliğe sahip olması sağlanmıştır. Hiçbir kavanozun bir diğerinin aynısı olmaması, tüketicide "özel olana sahip olma" duygusunu harekete geçirmeyi amaçlayan stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Bu durum, yalnızca estetik çeşitlilik sunmakla kalmayıp aynı zamanda bireysellik, özgünlük ve ayrıcalık algısını güçlendirmeyi de mümkün kılmıştır.

Tüketicilerin benzersiz ürünlere yönelme eğilimi göstermesi, ürünün algılanan değerini artırmakta; sınırlılık ve özgünlük hissi ise satın alma davranışını hızlandırabilmektedir. Nutella Unica kampanyasının kısa süre içerisinde yüksek satış başarısı elde etmesi, yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş ambalaj tasarımlarının tüketici psikolojisi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle kampanya, yapay zekâ teknolojilerinin grafik ve ambalaj tasarımında yalnızca üretim süreçlerini dönüştürmekle kalmayıp, marka iletişimini güçlendiren yenilikçi bir pazarlama stratejisi geliştirmeye de katkı sunduğunu göstermektedir (Leadraft SEO, 2025).

4.1.1. Yaratıcı Süreç ve Hız

Hız Faktörü: AI, tanımlanan algoritmalar sayesinde saniyeler içinde binlerce varyasyon üretebilir. Bu proje özelinde, fikir aşamasından (prompt ve veri seti girişi) milyonlarca özgün çıktının elde edilmesine kadar geçen süre, geleneksel yöntemlere kıyasla logaritmik bir hız artışı sağlamıştır.

Prompt Verimliliği: Tasarımcılar sadece nihai görseli değil, o görseli üretecek "kuralları" tasarlayarak süreci hızlandırmıştır.

4.1.2. Estetik Çeşitlilik ve Özgünlük

Nutella Unica projesinde yapay zeka, markanın temel renklerini ve karakteristik çizgilerini baz alan devasa bir "desen havuzu" oluşturmuştur.
Varyasyon Zenginliği: Projedeki her bir kavanoz, dünyada tek (unique) olma özelliğini taşır. Bu, insan zihninin tekrara düşme eğilimini aşan bir çeşitliliktir.

Marka Kimliği: Algoritma, rastgele görseller üretmek yerine Nutella'nın enerjik, neşeli ve renkli marka kimliğiyle sınırlı kalacak şekilde eğitilmiştir. Böylece estetik çeşitlilik, markanın bütünlüğüne zarar vermeden "kontrollü bir kaos" yaratmıştır.

4.1.3. Teknik Uygulanabilirlik

Endüstriyel Entegrasyon: Projede AI tarafından üretilen milyonlarca desen, doğrudan baskı makinelerine (HP Indigo teknolojisi gibi) aktarılabilecek formatta kurgulanmıştır.

Teknik Uyumluluk: Bıçak izi (die-cut), içerik bilgileri ve yasal logoların yeri sabittir. Yapay zekâ, bu "statik" alanlara dokunmadan sadece değişken alanlar için desenler üretmiştir. Bu da teknik gerekliliklerin %100 oranında karşılanmasını sağlamıştır.

4.1.4. Tasarımcı Müdahalesi (Kürasyon)

Sanılanın aksine, bu süreçte tasarımcı devre dışı kalmamış; rolü "operatörlükten küratörlüğe" evrilmiştir. Karar Verici Rolü: Yapay zekânın ürettiği milyonlarca seçenek arasından hangilerinin marka vizyonuna uygun olduğuna tasarımcı karar vermiştir. Tasarımcı, algoritmanın sınırlarını çizmiş ve çıktıları eleştirel bir süzgeçten geçirmiştir.

Denge: AI otonom bir şekilde üretim yaparken, tasarımcı bu otonomluğu markanın stratejik hedefleriyle hizalamıştır. Sonuç; yapay zekânın rastgeleliği ile tasarımcının bilinçli seçimlerinin mükemmel bir sentezidir.

4.2. Coca-Cola Y3000 Zero Sugar Ambalaj Tasarımı

Görsel 2. Coca Cola Ambalaj Tasarımı

Kaynak: https://www.coca-colacompany.com/media-center/coca-cola-creations-imagines-year-3000-futuristic-flavor-ai-powered-experience

Coca-Cola Company tarafından geliştirilen "Coca-Cola Y3000 Zero Sugar" projesi, yapay zekâ teknolojilerinin yalnızca ürün geliştirme süreçlerinde değil, aynı zamanda marka deneyimi ve görsel kimlik tasarımında da nasıl etkin biçimde kullanılabileceğini göstermesi açısından dikkat çekici bir örnek oluşturmaktadır. Sınırlı sayıda üretilen bu ürün, tüketicileri "geleceğin tadını ve deneyimini hayal etmeye" davet eden deneyim odaklı bir pazarlama yaklaşımıyla kurgulanmıştır.

Projenin geliştirilme sürecinde, dünyanın farklı bölgelerindeki tüketicilerin geleceğe ilişkin duygu, beklenti, renk ve tat algılarını analiz etmek amacıyla insan yaratıcılığı ile yapay zekâ sistemlerini birlikte kullanmak

hedeflenmiştir. Elde edilen verilerin yapay zekâ tarafından değerlendirilmesi sonucunda oluşturulan içgörüler, ürünün özgün tat profilinin belirlenmesine katkı sağlamıştır. Böylece tüketici deneyimini merkeze alan veri temelli bir tasarım yaklaşımının benimsenmesi mümkün hâle gelmiştir.

Coca-Cola'nın bu çalışmayla temel amacı, geleceğin tüketici beklentilerini öngörmek ve markanın ilerleyen yıllarda da kültürel olarak güncel, yenilikçi ve "deneyim üretici" bir konumda kalmasını sağlamaktır. Bu bağlamda proje, insan zekâsı ile yapay zekâyı bir araya getirerek yaratıcı süreci yeniden tanımlamayı ve markaya ilişkin duygusal bağ kurma biçimlerini dönüştürmeyi amaçlamaktadır.

Ürünün görsel kimliği de aynı biçimde fütüristik bir estetik anlayış doğrultusunda tasarlanmıştır. Yapay zekâ destekli tasarım yaklaşımıyla oluşturulan ambalaj yüzeyinde; dönüşüm, akış ve süreklilik kavramlarını temsil eden dinamik biçimlere yer verilmiştir. Gümüş zemin üzerine kullanılan mor, macenta ve camgöbeği tonları, geleceğe yönelik iyimser ve teknolojik bir atmosfer oluştururken; markanın ikonik Spencerian yazı karakterinin akışkan noktasal formlarla yeniden yorumlanması, insan bağlantılarının dijital çağ içerisindeki dönüşümünü simgesel olarak ifade etmektedir. Bu yönüyle çalışma, yapay zekâ destekli ambalaj tasarımının yalnızca estetik bir uygulama değil, aynı zamanda deneyimsel ve kavramsal bir iletişim aracı olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

4.2.1. Yaratıcı Süreç ve Hız

Bu projede hız, sadece görselin oluşturulmasıyla değil, veri toplama ve sentezleme aşamasıyla ilgilidir. Süreç: Coca-Cola, dünyanın dört bir yanındaki hayranlarından gelen "gelecek" vizyonlarını toplamış ve bu verileri yapay zekâya girdi olarak sunmuştur. Geleneksel yöntemlerle binlerce tüketici içgörüsünün analiz edilip tasarıma dönüştürülmesi aylar sürebilme olasılığına karşın, bu kampanyada yapay zeka teknolojisi ile beraber çok kısa sürmüştür. Hız Avantajı: Prompt aşamasından (tüketici içgörüleri + gelecek vizyonu) görselleşmeye geçiş, AI sayesinde çok kısa sürede tamamlanmıştır. Yapay zekâ, karmaşık duygusal kavramları (iyimserlik, teknoloji, gelecek) saniyeler içinde görsel bir dile tercüme etmiştir.

4.2.2. Estetik Çeşitlilik ve Özgünlük

Y3000 tasarımı, geleneksel Coca-Cola kimliğinin dışına çıkan "akışkan" (fluid) bir estetiğe sahiptir. Tasarımda kullanılan neon renkler, degrade geçişler ve amorf formlar, yapay zekanın "fütürizm" algısını yansıtır. AI, insan elinden çıkması zor olan mikro detaylar ve renk karmaşıklığı sunarak yüksek bir özgünlük yakalamıştır. Marka Uyumu: Coca-Cola'nın ikonik logosu ve kırmızı rengi tasarımın temel taşıyıcısı olarak korunmuştur. AI burada "özgürce" yaratırken, marka kimliği bir çapa görevi görmüştür; böylece ortaya çıkan ürün hem radikal hem de tanınabilir kalmıştır.

4.2.3. Teknik Uygulanabilirlik

Ambalaj, sadece bir sanat eseri değil, seri üretimde çalışması gereken teknik bir dokümandır. Endüstriyel Standartlar: Y3000 kutusundaki tipografi yerleşimi, yasal uyarılar ve barkod alanları gibi teknik detaylar sabittir. AI tarafından üretilen "gelecek vizyonu" görseli, bu teknik sınırların içine (kutunun baskı alanına) hassas bir şekilde giydirilmiştir.

Malzeme Etkisi: Tasarımdaki gümüşi ve parlak tonlar, alüminyum kutu malzemesiyle etkileşime girecek şekilde optimize edilmiştir. Bu, dijital görselin fiziksel ambalajla teknik uyumunu gösterir.

4.2.4. Tasarımcı Müdahalesi (Kürasyon)

Bu proje, tasarımcının "Sistem Mimarı" olduğu bir modeldir. Küratör Olarak Tasarımcı: AI yüzlerce "gelecek" varyasyonu sunmuştur; ancak son kararı veren, markanın 3000 yılındaki duruşunu en iyi temsil eden görseli seçen insan tasarımcılardır. Eleştirel Süzgeç: Yapay zekânın sunduğu soyut formlar, tasarımcılar tarafından okunabilirlik, marka algısı ve rafa çıkma potansiyeli açısından süzülmüştür. Tasarımcı burada otonom süreci yöneten bir "yönetmen" pozisyonundadır.

4.3. Ülker Albeni Ambalaj Tasarımı

Görsel 3. Albeni Ambalaj Tasarımı

Kaynak: https://mediacat.com/albeninin-yeni-ambalajlari-yapay-zekadan/

Ülker markasının tatlı atıştırmalık ürünlerinden biri olan Albeni için gerçekleştirilen yapay zekâ destekli ambalaj tasarımı çalışması, tüketici odaklı tasarım anlayışının dijital teknolojilerle nasıl yeniden şekillendirilebileceğini göstermesi açısından dikkat çekici bir örnek oluşturmaktadır. STANDBY Creative Group iş birliğiyle yürütülen proje kapsamında, yapay zekâ sistemlerinden markanın yeni ambalaj tasarımlarına yönelik alternatif görsel öneriler üretmesi istenmiştir.

Tasarım sürecinde, hedef kitlenin markayı tanımlamak amacıyla sıklıkla kullandığı "heyecanlı", "eğlenceli" ve "trendy" gibi kavramlardan yararlanılmış; bu kavramsal veriler doğrultusunda ürün için yüzlerce farklı ambalaj tasarımı oluşturulmuştur. Böylece yapay zekâ teknolojilerinin, tüketici algılarını analiz ederek marka kimliğiyle uyumlu yaratıcı görsel çözümler geliştirmede etkin bir araç olarak kullanılabilmesi mümkün hâle gelmiştir.

Üretilen tasarım alternatifleri arasından marka kimliğini en güçlü biçimde yansıttığı düşünülen üç farklı ambalaj seçilmiş ve bu tasarımlar tüketici değerlendirmesine sunulmuştur. Kampanya kapsamında yeni ambalajlı ürünlerin ilk olarak dijital satış platformu üzerinden piyasaya sürülmesi, tüketiciyi yalnızca satın alma sürecine değil, aynı zamanda tasarım karar mekanizmasına da dâhil etmeyi amaçlayan katılımcı bir pazarlama yaklaşımının benimsenmesini sağlamıştır.

Tüketicilerin en beğendikleri tasarıma oy verebilmesi ve kampanya sonucunda en çok tercih edilen ambalajın yaygın perakende zincirlerinde satışa sunulacak olması, yapay zekâ destekli tasarım süreçlerinin kullanıcı deneyimi ve tüketici etkileşimiyle bütünleştiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, yapay zekânın ambalaj tasarımında yalnızca görsel üretim aracı olarak değil; veri odaklı, katılımcı ve deneyim temelli marka iletişimini güçlendiren stratejik bir unsur olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır (MediaCat, 2023)

4.3.1. Yaratıcı Süreç ve Hız

Albeni projesinde hız, "kişiselleştirilmiş seri üretim" kavramı üzerine kuruludur. Süreç Dönüşümü: Geleneksel yöntemde her bir paket varyasyonu için ayrı ayrı grafik tasarım çalışması yapılması gerekirken, burada "Albeni" marka elementleri (kahverengi, altın sarısı tonları ve akışkanlık hissi) bir algoritmanın temel girdileri olmuştur. Hız Çıktısı: Tasarım aşamasında yüzlerce farklı desen varyasyonunun oluşturulması, yapay zekâ sayesinde dakikalar mertebesine inmiştir. Bu, markanın çok kısa sürede "sınırlı sayıda üretilen özel koleksiyon" hissini rafa taşımasını sağlamıştır.

4.3.2. Estetik Çeşitlilik ve Özgünlük

Görselde görüldüğü üzere, her ambalajın arka plan deseni birbirinden farklılık göstermektedir. Varyasyon Zenginliği: Yapay zekâ, Albeni'nin "akışkan çikolata ve karamel" dünyasını temsil eden kıvrımları, geometrik ve soyut desenlerle harmanlayarak yüksek bir çeşitlilik sunmuştur. Her paket, tüketici için biriciklik (uniqueness) algısı yaratır.

Marka Kimliği: Albeni'nin ikonikleşmiş renk paleti (kahverengi-kırmızı-sarı) dışına çıkılmamıştır. Yapay zekâ burada "stil transferi" (style transfer) yöntemini kullanarak, markanın bilindik kodlarını modern ve fütüristik bir dokuyla yeniden yorumlamıştır.

4.3.3. Teknik Uygulanabilirlik

Hibrit Uygulama: Albeni tasarımında, ambalajın teknik bölümleri (içerik bilgisi, gramaj, logo yerleşimi) statik bırakılmıştır. Yapay zekâ, sadece "değişken desen alanı" olarak tanımlanan bölgelerde üretim yapmıştır.

Baskı Teknolojisi: Bu tasarımların gerçeğe dönüşmesi için ambalaj baskı teknolojileri kullanılmıştır. Yapay zekânın sunduğu görsel derinlik ve detaylar, ambalaj malzemesi üzerindeki baskı kalitesiyle (yüksek çözünürlük) tam uyum sağlamıştır.

4.3.4. Tasarımcı Müdahalesi (Kürasyon)

Albeni örneğinde tasarımcının rolü, "Kontrollü Yaratıcılık" üzerinden okunmalıdır. Yönlendirici Rol: Tasarımcı, yapay zekaya "ne üreteceğini" değil, "hangi sınırlar içinde üreteceğini" öğretmiştir. "Yapay Zekâ Dizaynı" ibaresinin ambalaj üzerine yerleştirilmesi bile tasarımcının stratejik bir kararını (iletişim dili) temsil eder.

Kürasyon: Yapay zekânın ürettiği binlerce desen arasından raf görselliği en yüksek olan, iştah kabartma (appetite appeal) özelliğini bozmayan ve marka değerini düşürmeyen varyasyonlar tasarımcı tarafından seçilmiştir.

Tablo 2. Üç Reklamın Karşılaştırma tablosu

Analiz Kriterleri	**Nutella Unica**	**Coca-Cola Y3000**	**Ülker Albeni**
Yaratıcı Süreç ve Hız	**Operasyonel Hız:** 7 milyon özgün desenin saniyeler içinde üretilmesi.	**Sentezleme Hızı:** Küresel tüketici içgörülerinin fütüristik bir konsepte hızlı dönüşümü.	**Varyasyon Hızı:** Geleneksel marka elementlerinin seri şekilde kişiselleştirilmesi.
Estetik Çeşitlilik	**Kontrollü Kaos:** Algoritmik desen havuzuyla sağlanan maksimum görsel çeşitlilik.	**Kavramsal Estetik:** "Gelecek" temasını yansıtan akışkan ve soyut formların birleşimi.	**Modernize Estetik:** Markanın klasik renk paletinin modern/geometrik dokularla yorumu.
Teknik Uygulanabilirlik	**Endüstriyel Entegrasyon:** Doğrudan dijital baskı makinelerine (HP Indigo) uyumlu veri akışı.	**Malzeme Uyumu:** Alüminyum kutu yüzeyi ile optimize edilmiş degrade ve neon geçişler.	**Hibrit Yerleşim:** Sabit yasal alanlar ile değişken AI desen alanlarının kusursuz birleşimi.
Tasarımcı Müdahalesi (Kürasyon)	**Sistem Mimarı:** Algoritmanın sınırlarını	**Vizyoner Yönetmen:** AI'nın sunduğu soyut gelecek vizyonunu marka	**Stratejik Denetleyici:** Yerel pazar beklentilerine uygun

Analiz Kriterleri	Nutella Unica	Coca-Cola Y3000	Ülker Albeni
	çizen ve desen seçkisini onaylayan tasarımcı.	diline tercüme eden küratör.	görsel dili denetleyen karar verici.
AI'nın Temel Rolü	**Varyasyon Makinesi** (Niceliksel Çeşitlilik)	**Fikir Ortağı** (Niteliksel Öngörü)	**Estetik Motoru** (Görsel Modernizasyon)

Karşılaştırmalı analiz sonuçları göstermektedir ki; yapay zekâ grafik tasarım sürecinde sadece iş gücünü azaltan bir araç değil, tasarımın stratejik hedeflerine göre farklı roller (varyasyon makinesi, fikir ortağı veya estetik motoru) üstlenebilen esnek bir disiplindir. Nutella örneğinde niceliksel bir devrim (milyonlarca üretim/) "operasyonel bir varyasyon makinesi" /her kutu farklı olsun) görülürken, Coca-Cola örneğinde niteliksel bir derinlik (gelecek kurgusu/ "kavramsal bir fikir ortağı" /geleceği bizim için hayal et)) ön plana çıkmaktadır. Albeni örneği ise yapay zekânın yerel marka kimliklerinin dijital dönüşümündeki adaptasyon gücünü kanıtlamaktadır. Tüm örneklerde ortak nokta; tasarımcının 'uygulayıcı' rolünden sıyrılarak 'küratör' ve 'karar verici' pozisyonuna evrilmesidir.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma kapsamında incelenen Coca-Cola Y3000 Zero Sugar, Nutella Unica ve Albeni gibi örnekler; yapay zekâ teknolojilerinin ambalaj tasarımında yalnızca görsel üretim sürecini hızlandıran araçlar olarak değil, aynı zamanda marka deneyimini dönüştüren stratejik bir iletişim unsuru olarak kullanılmaya başlanmasını göstermektedir. Bununla birlikte Superfresh Orman Meyveleri, Three 3's Brewery, Glenlivet Viski, Night Shift Brewing, Eti PopKek GPT, Vivi Nova İçecek, Acvit Yapay Zekâ Anti Aging Serum, Hayfene Spice GPT Baharat, Party Deniz Tuzlu Tortilla Cipsi, Obsesso Kahve ve Blade A.I. deodorant serileri gibi örneklerin incelenmesi, yapay zekâ destekli ambalaj tasarımlarının farklı sektörlerde giderek yaygınlaşan deneysel bir tasarım yaklaşımına dönüştüğünü ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, grafik tasarımda yapay zekâ araçlarının kullanımını yalnızca yeni bir teknik üretim modeli olarak değerlendirmek yerine; disiplinin epistemolojik, estetik ve metodolojik sınırlarını yeniden tanımlayan çok katmanlı bir dönüşüm süreci olarak ele almak gerekmektedir. Geleneksel tasarım süreçlerinde fikir geliştirme, eskiz oluşturma, deneme-yanılma ve rafinasyon aşamalarının büyük ölçüde tasarımcının bireysel deneyimi ve sezgisel yaklaşımı doğrultusunda ilerlemesine karşın, yapay zekâ destekli sistemlerin alternatif üretim varyasyonlarını hızlandırmakta, veri odaklı tasarım kararlarını görünür hâle getirmekte ve yaratıcı süreci yeniden yapılandırmakta olduğu görülmektedir.

Özellikle incelenen ambalaj örneklerinde, yapay zekânın yalnızca estetik öneriler üretmek amacıyla değil; tüketici davranışlarını analiz etmek, kişiselleştirilmiş deneyimler oluşturmak ve marka ile kullanıcı arasında duygusal bağ kurmayı güçlendirmek amacıyla kullanılması dikkat çekmektedir. Nutella Unica projesinde her bir ambalajın benzersiz biçimde tasarlanmasını sağlamak, tüketicide ayrıcalık ve sahiplik hissi oluşturmayı mümkün kılarken; Coca-Cola Y3000 örneğinde insan zekâsı ile yapay zekâyı birlikte kullanarak geleceğin tat ve görsel kimliğini kurgulamak hedeflenmiştir. Ülker Albeni örneğinde ise hedef kitlenin marka algısını oluşturan kavramlardan hareketle yüzlerce alternatif ambalaj tasarımı üretmek ve tüketiciyi seçim sürecine dâhil etmek amaçlanmıştır. Bu durum, yapay zekâ destekli tasarım süreçlerinin yalnızca üretim odaklı değil, aynı zamanda deneyimsel ve katılımcı bir iletişim modeli geliştirmeye yönelik olduğunu göstermektedir.

Kuramsal açıdan değerlendirildiğinde, yapay zekâ sistemlerini grafik tasarım pratiğinde bir "yaratıcı ortak" (co-creator) olarak konumlandırmak mümkündür. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme temelli sistemlerin büyük veri setlerinden öğrendikleri görsel örüntüler aracılığıyla yeni kompozisyonlar, renk ilişkileri ve biçimsel varyasyonlar üretmesi, tasarımcının rolünü doğrudan dönüştürmektedir. Ancak bu noktada özgünlük kavramını yeniden

tartışmaya açmak gerekmektedir. Çünkü yapay zekâ tarafından üretilen çıktılar çoğunlukla mevcut görsel kültürün yeniden kombinasyonuna dayanmakta; bu nedenle yaratıcı değeri yalnızca ortaya çıkan görsel sonuçta değil, aynı zamanda tasarımcının yönlendirme (prompt), seçim, eleme ve anlamlandırma süreçlerindeki stratejik rolünde aramak önem kazanmaktadır.

Metodolojik açıdan bakıldığında ise yapay zekâ araçlarının deneysel ve uygulama temelli tasarım araştırmalarını destekleyen önemli olanaklar sunduğu görülmektedir. Farklı tasarım varyasyonlarını kısa süre içerisinde test edebilmek, kullanıcı deneyimine yönelik iterasyonları hızlandırmak ve veri destekli tasarım kararları geliştirmek; özellikle ambalaj tasarımı, kullanıcı deneyimi ve marka iletişimi alanlarında ölçülebilir sonuçlar üretme potansiyeli taşımaktadır. Bununla birlikte algoritmik önyargı (bias), veri setlerinin temsil sorunu, telif hakları ihlalleri ve emeğin görünmezleşmesi gibi etik meselelerin de bu dönüşüm sürecinin önemli tartışma alanlarını oluşturduğu görülmektedir.

Ayrıca yapay zekâ araçlarının yaygınlaşmasının, tasarım pratiğinde belirli riskleri beraberinde getirdiğini vurgulamak gerekmektedir. Özellikle algoritmik estetiklerin baskın hâle gelmesi, tasarım ürünlerinin giderek benzeşmesine ve yaratıcı tekrar riskinin oluşmasına neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra otomasyon kapasitesinin artmasıyla birlikte tasarımcının mesleki rolünü yeniden tanımlamak, tasarım eğitiminin içeriklerini güncellemek ve eleştirel tasarım düşüncesini koruyabilmek önemli bir gereklilik hâline gelmektedir. Hızlı üretim kültürünün yaratıcı sürecin kavramsal derinliğini azaltma riski taşıması ve tasarımcıların belirli yazılım ekosistemlerine bağımlı hâle gelmesi de dikkatle değerlendirilmesi gereken diğer önemli hususlar arasında yer almaktadır.

Öte yandan, yapay zekânın tasarım süreçlerine kontrolsüz entegrasyonu; telif haklarının muğlaklığı, veri setlerindeki algoritmik önyargılar (bias) ve yaratıcı emeğin değersizleşmesi gibi ciddi etik ve hukuki riskleri de beraberinde getirmektedir. Üretilen çıktıların mevcut veri tabanlarının yeniden harmanlanmasına dayanması, tasarımda özgünlük ve fikri mülkiyet sınırlarını tartışmalı hale getirirken; görsel üretim hızının kavramsal derinliğin önüne geçmesi, tasarımın salt bir ‘istatistiksel sonuç’ haline dönüşme tehlikesini barındırmaktadır. Ayrıca, yapay zekâ araçlarının hatalı kullanımı veya tasarımcının eleştirel süzgecinden geçmeyen çıktılar, marka kimliğiyle örtüşmeyen estetik deformasyonlara ve kültürel temsiliyet hatalarına yol açabilmektedir. Bu bağlamda, tasarımın geleceği; teknolojinin sunduğu hız ve verimlilikten yararlanırken, insani sezginin, etik sorumluluğun ve özgün yaratıcılığın korunmasını sağlayacak dengeli bir denetim mekanizmasının kurulmasına bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Sonuç olarak, yapay zekâ destekli ambalaj tasarımı uygulamalarını yaratıcı süreci ortadan kaldıran bir tehdit olarak değil; tasarım pratiğini yeniden yapılandıran ve dönüştüren yeni bir üretim paradigması olarak değerlendirmek gerekmektedir. Tasarımcının rolü yalnızca görsel üretici olmaktan çıkarak stratejik karar verici, küratör ve anlam üretici bir konuma evrilmektedir. Bu nedenle grafik tasarım eğitimi, tasarım araştırmaları ve profesyonel uygulama alanlarını; teknolojik gelişmelerle birlikte estetik, etik ve kuramsal boyutları da kapsayacak şekilde yeniden düşünmek büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

Adobe. (2023a). *Adobe unveils future of Creative Cloud with generative AI as a creative co-pilot in Photoshop*. Adobe Newsroom.

Adobe. (2023b). *Adobe releases new Firefly generative AI models and integrates Firefly into Creative Cloud.* Adobe Newsroom.

Alkan, İ. ve Oduncu S. (2024). Yapay zekâ 'da güncel yaklaşımlar: Bir tasarım aracı olarak veri görselleştirme teknikleri. *Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi, Sanatta Dijitalizm Özel Sayısı,* 171-182. doi:10.17484/yedi.1483618

Ambrose, G., & Harris, P. (2013). *Grafik tasarımın temelleri* (M. E. Uslu, Çev.). Literatür Yayıncılık.

Archer, L. B. (1965). *Systematic method for designers.* Council of Industrial Design.

Archer, B. (1984). *Systematic method for designers*. In N. Cross (Ed.), Developments in design methodology. 57-63, Wiley Publishing.

Becer, E. (2021). *İletişim ve grafik tasarım*. Dost Kitabevi Yayınları.

Boden, M. A. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms* (2nd ed.). Routledge.

Boden, M. A. (2016). *AI: Its nature and future.* Oxford University Press.

Büyükkaragöz, T. (2025). Sanatta yapay zekâ ve bir öncü: Refik Anadol'un veri estetiği International Social Sciences Studies Journal, (e-ISSN:2587- 1587) Vol:11, Issue:8; pp:1379-1394. DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.16936107

Chen, C., Cheng, F., Zang, B., Jin, R., Dong, C., Sun, Z., Zhou, Y. (2026). A generative AI-driven industrial design framework for human genAIcocreation. *Symmetry,* 18(2), 352, 4–6. https://www.mdpi.com/2073-8994/18/2/352

Chang, Z., Koulieris, G. A., & Shum, H. P. H. (2023). On the design fundamentals of diffusion models: A survey. arXiv. https://arxiv.org/abs/2306.04542

Çitci, E. (2020). Görsel iletişimde kodlama destekli grafik tasarımı. *Uluslararası Güzel Sanatlar Eğitimi Araştırmaları Dergisi* (UGSEAD), 3(1), 23-37.

https://ugsead.eab.org.tr/makale/1501

Cross, N. (1982). Designerly ways of knowing. *Design Studies*, 3(4), 221-227. https://doi.org/10.1016/0142-694X(82)90040-0

Cross, N. (2001). Designerly ways of knowing: *Design discipline versus design science.* Design Issues, 17(3), 49–55.

Cross, N. (2000). *Engineering design methods:* Strategies for product design (3th ed.). Wiley.

Demirel İnal, E. A., & Tarlakazan, E. (2024). Ambalaj tasarımında yapay zekâ kullanımı. *Bitlis Eren Sosyal Araştırmalar Dergisi,* 2(3), 372-386. https://izlik.org/JA73FB84GD

Esko. (2022). *Automation Engine: Packaging workflow automation.*

Fair, C. L. (2025, August 22). *7 problems graphic designers (should) solve.* Medium. https://medium.com/@carmen_14532/7-problems-graphic-designers-solve-5da4e5a440d4

French, M. J. (1985). *Conceptual design for engineers.* (2th ed.) Springer.

Gök, S. & Gülaçtı, İ. E. (2025). Yaratıcılık bağlamında yapay zekâ sistemleri ile birlikte sanatçının değişen rolü: küratörlük, *International Social Sciences Studies Journal,* (eISSN:2587-1587) Vol:11, Issue:3; pp:412-425. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.150 62672

İnal, R. & Tarlakazan, B. E. (2026a). Grafik tasarımda yapay zekâ araçlarının teknik ve operasyonel analizi: Midjourney, DALL-E 3 ve Adobe Firefly üzerine bir inceleme. *Journal of Current Debates in Social Sciences,* 9(1), 41-50.

DOI: http://dx.doi.org/10.29228/cudes.89829

İnal, R., & Tarlakazan, B. E. (2026b). Yapay zekânın sanat pratiklerini yeniden şekillendirmesi: The Lumen Prize 2025 yapay zekâ örnekleri. *Uluslararası İnsan Ve Sanat Araştırmaları Dergisi,* 11(1), 47-63. https://izlik.org/JA69BD87PA

Kadenhe, N., Al Musleh, M., & Lompot, A. (2025). Human-AI co-design and co-creation: A review of emerging approaches. Proceedings of the AAAI Symposium Series, 6(1), 265–270. https://doi.org/10.1609/aaaiss.v6i1.36061

Karaşahinoğlu, Ş. (2020). Yapay zekânın grafik tasarım alanında kullanım örneklerinin ve gelecekteki olası rolünün incelenmesi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi,* 10(3), 612-626. https://doi.org/10.48146/odusobiad.764387

Klimchuk, M. R., & Krasovec, S. A. (2013). Packaging design: Successful product branding from concept to shelf (2nd ed.). Wiley.

Landa, R. (2018). *Graphic design solutions* (6. baskı). Cengage Learning.

Leadraft SEO. (2025, March 7). *How Nutella's unique AI jars sold out instantly*. Leadraft Marketing. https://www.leadraftmarketing.com/post/how-nutella-unique-ai-jars-sold-out-instantly

Loftware. (2023*). Labeling and packaging compliance solutions.*

ManageArtworks. (2024). *Artwork management and packaging automation solutions.*

Manovich, L. (2001). *The language of new media.* MIT Press.

McLeena, M., & Laura, J. (2026). The role of AI-driven generative design in enhancing visual communication. *International Journal of Graphic Design,* 4(1), 105–122.

https://doi.org/10.51903/ijgd.v4i1.2350

McLuhan, M. (1964). *Understanding media: The extensions of man.* McGraw-Hill.

MediaCat. (2023, September 13). *Albeni'nin yeni ambalajları yapay zekâdan*. MediaCat. https://mediacat.com/albeninin-yeni-ambalajlari-yapay-zekadan/

Meggs, P. B., & Purvis, A. W. (2016). *Meggs' history of graphic design* (6nd ed.). John Wiley & Sons.

Munari, B. (1971). *Design as art.* Penguin Books Ltd, Harmondsworth,, Middlesex, England

Noble, I., & Bestley, R. (2005). *Visual research: An introduction to research methodologies in graphic design*. AVA Publishing.

OpenAI. (2021). DALL·E: *Creating images from text.*

Packly. (2024). *Online packaging design with dieline automation.*

Purcell, A. T., & Gero, J. S. (1998). Drawings and the design process. *Design* Studies, 19(4), 389–430. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00015-5

Ramesh, A., Pavlov, M., Goh, G., Gray, S., Voss, C., Radford, A., Chen, M., & Sutskever, I. (2021*). Zero-shot text-to-image generation*. arXiv.

Rezwana, J., & Ford, C. (2025). Human-centered AI communication in co-creativity: An initial framework and insights*. arXiv,* https://arxiv.org/abs/2505.18385.

Savaş, S., & Kılıç, B. (2025). Tasarım sürecinde iletişimin brief açısından değerlendirilmesi. *Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi,* 6(11), 293-311. DOI:10.65660/stardergisi.1716629

Terzidis, K. (2006). *Algorithmic architecture*. Architectural Press.

Wang, P., et al. (2025). Enhancing designer creativity through human–AI co-ideation. *AI EDAM.* https://doi.org/10.1017/S0890060425100127

Yu, W. F. (2025). *AI as a co-creator in design process. Design Studies,* 6–8. https://doi.org/10.1016/j.destud.2025.101303

İKİZ DÖNÜŞÜMÜN RAPORLAMA STANDARTLARINA YANSIMASI: IFRS S1 VE S2 KAPSAMINDA DİJİTALLEŞME VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENTEGRASYONU

THE REFLECTION OF TWIN TRANSFORMATION ON REPORTING STANDARDS: INTEGRATION OF DIGITALIZATION AND SUSTAINABILITY WITHIN THE SCOPE OF IFRS S1 AND S2

Arş. Gör. İrem Talaşlı [1]

Özet

Küresel ölçekte eş zamanlı olarak yaşanan dijital dönüşüm ve sürdürülebilirlik dönüşümü, muhasebe ve finansal raporlama alanını köklü biçimde yeniden şekillendirmektedir. "İkiz dönüşüm" kavramı, bu iki sürecin birbirini beslediğini ve ayrıştırılamaz olduğunu vurgulamaktadır. ISSB, 2023 yılında IFRS S1 ve IFRS S2 standartlarını yayımlayarak işletmeleri ESG verilerini finansal raporlarıyla entegre açıklamaya yöneltmiştir. Bu standartların gerektirdiği veri yoğunluğu ve doğrulanabilirlik beklentisi, dijital altyapı olmaksızın karşılanamaz niteliktedir. Türkiye'de KGK, 29 Aralık 2023 tarihinde TSRS 1 ve TSRS 2 kararını yayımlayarak yasal zemini oluşturmuştur. AB'nin Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ise Türk ihracatçılar için raporlamayı somut bir finansal riske dönüştürmektedir. Bu çalışma, IFRS S1/S2 gerekliliklerini ikiz dönüşüm perspektifiyle bütüncül biçimde ele alan sınırlı sayıdaki çalışmayı genişleterek Türkiye bağlamına özgü bir kavramsal model ve uygulama hazırlık çerçevesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *IFRS S1, IFRS S2, İkiz Dönüşüm, Sürdürülebilirlik Raporlaması, Dijital Dönüşüm*

[1] İstanbul Medeniyet Üniversitesi, irem.talasli@medeniyet.edu.tr

Abstract

The simultaneous processes of digital and sustainability transformation are fundamentally reshaping accounting and financial reporting. The ISSB published IFRS S1 and IFRS S2 in 2023, directing companies to disclose ESG data integrated with financial reports. The data intensity and auditability requirements cannot be met without digital infrastructure. In Türkiye, KGK published TSRS 1 and TSRS 2 (Turkish Sustainability Reporting Standards) on 29 December 2023, establishing the legal framework. The EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) transforms reporting into a concrete financial risk for Turkish exporters. This study extends the limited body of work addressing IFRS S1/S2 through the twin transition lens, presenting an original conceptual model and implementation readiness framework for the Turkish context.

Keywords: *IFRS S1, IFRS S2, Twin Transition, Sustainability Reporting, Digital Transformation*

1. Giriş

Günümüzde işletmeler, birbirini besleyen iki büyük dönüşüm dalgasının ortasındadır: sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm ile dijital dönüşüm. Avrupa Komisyonu'nun politika belgelerinde ikiz dönüşüm (twin transition) olarak kavramlaştırılan bu süreç, yeşil ve dijital hedeflerin yalnızca birlikte gerçekleşebileceğini vurgulamaktadır (European Commission, 2022). Bu bağlamda, 2022/2464 sayılı CSRD Direktifi, sürdürülebilirlik verilerinin dijital formatta (XBRL) raporlanmasını zorunlu kılarak bu ikiz dönüşümün yasal ve teknik altyapısını somutlaştırmaktadır.

Muhasebe ve finansal raporlama bu ikiz dönüşümün tam kesişim noktasında yer almaktadır. Tarihsel olarak finansal verilerin ölçülmesine odaklanan muhasebe mesleği; artık karbon emisyonlarını, su tüketimini ve sosyal etkileri de ölçmek ve raporlamak durumundadır (Eccles ve Krzus, 2010; Mio vd., 2020).

ISSB, Haziran 2023'te IFRS S1 ve IFRS S2'yi yayımlayarak küresel sürdürülebilirlik raporlamasında yeni bir dönem başlatmıştır (IFRS Foundation, 2023a, 2023b). KGK ise 29 Aralık 2023 tarihinde TSRS 1 ve TSRS 2 kararını yayımlayarak IFRS S1/S2 standartlarını Türk hukuk sistemine aktarmış ve yasal zemini oluşturmuştur (KGK, 2023). AB'nin SKDM uygulaması ise bu uyumu soyut bir yükümlülükten somut bir finansal riske dönüştürmektedir (European Commission, 2023).

Bu çalışma literatüre üç özgün katkı sunmaktadır: (i) **Teorik katkı** — IFRS S1/S2 gerekliliklerini ikiz dönüşüm perspektifiyle bütüncül biçimde ele alan sınırlı sayıdaki çalışmayı genişleterek entegrasyonu görselleştiren bir kavramsal model önerilmektedir; (ii) **Uygulama katkısı** — dijital altyapı ile ESG veri kalitesi arasındaki ilişki denetim izi ve XBRL boyutlarıyla somutlaştırılmaktadır; (iii) **Politika katkısı** — SKDM baskısı çerçevesinde Türkiye için özgün bir uygulama hazırlık çerçevesi geliştirilmektedir.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Sürdürülebilirlik raporlamasının gelişimi ve ISSB'nin kuruluşu

Sürdürülebilirlik raporlaması 1990'lı yıllarda çevresel raporlamanın uzantısı olarak ortaya çıkmış; GRI, SASB, TCFD ve CDP çerçevelerinin gelişmesiyle çeşitlenmiştir (Roca ve Searcy, 2012). Ancak bu çeşitlilik karşılaştırılabilirlik sorunlarına yol açmıştır (Khan vd., 2016). 2021'de IFRS Vakfı bünyesinde kurulan ISSB bu parçalanmayı gidermek amacıyla faaliyete geçmiş ve Haziran 2023'te IFRS S1-S2'yi yayımlamıştır (IFRS Foundation, 2023a, 2023b). Christensen vd. (2021) zorunlu sürdürülebilirlik raporlamasının piyasa şeffaflığını artırdığını ancak uyum maliyetlerinin gelişmekte olan piyasalar için önemli bir engel oluşturduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda KGK, 29 Aralık 2023 tarihinde TSRS 1 ve TSRS 2 kararlarını yayımlayarak bu küresel standartları yerel mevzuata dahil etmiştir.

2.2. IFRS S1: Genel sürdürülebilirlik açıklama gereklilikleri

IFRS S1, yatırımcılara karar almada faydalı bilgi sunmak amacıyla sürdürülebilirlikle ilgili risk ve fırsatların nasıl açıklanacağını düzenlemektedir (IFRS Foundation, 2023a). Standart, TCFD çerçevesinden türetilen dört sütun üzerine inşa edilmiştir (TCFD, 2017): (i) yönetişim, (ii) strateji, (iii) risk yönetimi ve (iv) metrikler ile hedefler. Mio vd. (2020) maddi sürdürülebilirlik bilgisinin finansal açıklamalarla entegrasyonunun yatırımcı kararları üzerinde ölçülebilir etkisi olduğunu ampirik olarak göstermektedir. Nitekim KGK tarafından yayımlanan TSRS 1, bu dört sütunlu yapıyı yerel raporlama standartlarının merkezine yerleştirmiştir.

2.3. IFRS S2: İklimle ilgili açıklamalar ve sera gazı raporlaması

IFRS S2, IFRS S1'in genel çerçevesini iklim boyutunda özelleştiren bir standarttır (IFRS Foundation, 2023b). Standart; fiziksel riskler ile düşük karbonlu ekonomiye uyum sürecindeki geçiş riskleri olmak üzere iki temel risk kategorisini kapsamaktadır. Sera gazı emisyonlarının üç kapsam altında raporlanması zorunlu tutulmaktadır: Kapsam 1 doğrudan emisyonları, Kapsam 2 satın alınan enerji kaynaklı dolaylı emisyonları, Kapsam 3 ise değer zincirindeki tüm diğer dolaylı emisyonları kapsamaktadır. Özellikle Kapsam 3 emisyonlarının karmaşık yapısı, bu

sürecin ancak dijital entegrasyon ve gelişmiş veri izleme sistemleri yoluyla güvenilir biçimde yönetilebileceğini göstermektedir (Christensen vd., 2021; IFRS Foundation, 2023b).

2.4. Dijital dönüşüm, muhasebe bilgi sistemleri ve denetim izi

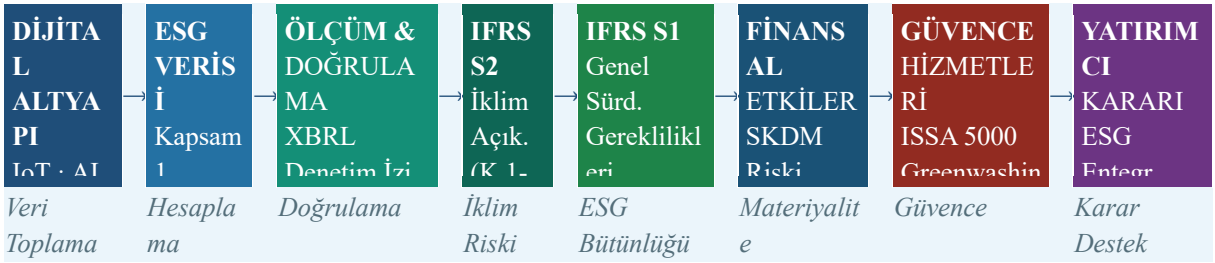
Dijital dönüşüm ESG verilerinin toplanmasını, doğrulanmasını ve raporlanmasını köklü biçimde dönüştürmektedir. IoT sensörleri anlık emisyon verisi aktarırken yapay zekâ destekli araçlar büyük veri kümelerinden ESG metriklerini otomatik çıkarabilmektedir (Pei ve Vasarhelyi, 2020; Agarwal ve Prasad, 1998). Bu dijital altyapı, özellikle Kapsam 3 gibi karmaşık veri setlerinin yönetiminde operasyonel verimlilik ve veri güvenilirliği sağlamaktadır (Christensen vd., 2021).

Blok zinciri teknolojisi ESG verilerinin değiştirilemez kayıtlar hâlinde depolanmasını sağlayarak denetim izini (audit trail) güçlendirmekte ve greenwashing uygulamalarını caydırmaktadır (Mio vd., 2020). XBRL standardı ise verileri makineler tarafından okunabilir etiketlerle tanımlayarak sürdürülebilirlik raporlarının küresel düzeyde karşılaştırılabilirliğini sağlamaktadır. 265 Avrupalı şirket üzerinde gerçekleştirilen ampirik analizde, XBRL tabanlı raporlamanın ESG derecelendirme tutarsızlıklarını önemli ölçüde azaltma potansiyeli taşıdığı ortaya konulmuştur (Lukács vd., 2024).

Tablo 1. İkiz dönüşümün muhasebe süreçlerine yansıması: Veri yolculuğu

Dijital Katman	Teknoloji / Araç	Üretilen ESG Verisi	IFRS S2 Karşılığı
Veri Toplama	IoT Sensörleri, Akıllı Sayaçlar	Anlık enerji tüketimi, emisyon miktarı	Kapsam 2 Emisyonları
Tedarik Zinciri Entegrasyonu	ERP, API Bağlantıları	Tedarikçi kaynaklı dolaylı emisyonlar	Kapsam 3 Emisyonları
Veri Doğrulama	Blok Zinciri, Yapay Zekâ	Değiştirilemez denetim izi, anomali tespiti	Güvence & Greenwashing Önleme
Raporlama & Açıklama	XBRL, Bulut Platformları	Makine tarafından okunabilir ESG raporu	IFRS S1 - Yatırımcı Açıklaması
Güvence Hizmetleri	Dijital Denetim Araçları (CAAT)	Bağımsız onaylanmış ESG verisi	ISSA 5000 Güvence Standardı

Not. Tablo 1, IFRS S2'nin gerektirdiği veri akışını dijital katman bazında ortaya koymaktadır. Her katman hem bir sürdürülebilirlik girdisi hem de IFRS S2 çıktısı üretmektedir.



Şekil 1. İkiz dönüşüm - IFRS S1/S2 kavramsal entegrasyon modeli

Not. Model, dijital altyapıdan yatırımcı kararına uzanan veri akışını göstermektedir. Her ok birbirini aktive eden süreç adımını temsil eder. Bu ilişkiler gelecekte ampirik olarak test edilebilecek hipotezlere dönüştürülebilir; örneğin dijital altyapı olgunluğu - ESG veri kalitesi - finansal performans zinciri BIST şirketleri üzerinde nicel araştırmalarla sınanabilir.

3. Yöntem

Bu çalışma kavramsal/teorik araştırma niteliğinde olup sistematik literatür taraması yöntemi benimsenmiştir. Çalışma tam anlamıyla bir sistematik derleme olmaktan ziyade, PRISMA çerçevesinin sosyal bilimlerdeki

uygulamalarına yönelik rehber ilkeler doğrultusunda yapılandırılmış bir literatür taramasına dayanmaktadır (Page vd., 2021; Snyder, 2019).

3.1. Arama stratejisi

Web of Science, Scopus, TR Dizin ve Google Scholar veri tabanlarında 2020-2025 yılları arasında yayımlanmış, İngilizce veya Türkçe, hakemli dergilerdeki makaleler dahil edilmiştir. Başlıca arama terimleri şunlardır: ("IFRS S1" OR "IFRS S2" OR "ISSB") AND ("ESG" OR "sustainability reporting"); ("twin transition" OR "ikiz dönüşüm") AND ("accounting" OR "muhasebe"); ("XBRL" OR "blockchain") AND ("ESG"); ("CBAM" OR "SKDM") AND ("reporting").

3.2. Eleme süreci

Toplam 280 başlık tespit edilmiştir. Eleme dört aşamada gerçekleştirilmiştir: (i) tekrarlı kayıtların temizlenmesi (n = 48 çıkarıldı; kalan: 232); (ii) başlık/özet taraması (n = 117 çıkarıldı; kalan: 115); (iii) tam metin incelemesi (n = 53 çıkarıldı; kalan: 62); (iv) kalitatif sentez. Dışlama kriterleri: yayın öncesi çalışmalar, editöryel yorumlar ve konuyla doğrudan ilişkisi bulunmayan genel muhasebe makaleleri.

3.3. Tematik analiz ve kodlama

Dahil edilen 62 makale beş tema altında kodlanmıştır: T1 — IFRS S1/S2 standart gereklilikleri ve uyum çerçeveleri (n = 18); T2 — dijitalleşme ile ESG veri kalitesi ilişkisi (n = 14); T3 — Türkiye ve gelişmekte olan piyasalar bağlamında uyum zorlukları (n = 12); T4 — SKDM ve finansal materiality etkileri (n = 9); T5 — güvence hizmetleri ve denetim dönüşümü (n = 9). Kodlama süreci sistematik biçimde yürütülmüş; her makale önce başlık/özet, ardından tam metin düzeyinde incelenerek ilgili temaya atanmıştır. Kodlama aşamasında ortaya çıkan uyuşmazlık durumlarında, literatür karşılaştırması ve uzlaşı (consensus) yöntemi benimsenmiştir (Snyder, 2019; Page vd., 2021).

Tablo 2. Sistematik literatür taraması: Özet bilgiler

Kriter	Detay
Yayın yılı aralığı	2020-2025
Veri tabanları	Web of Science, Scopus, TR Dizin, Google Scholar
İlk tarama	280 başlık
Tekrar temizliği sonrası	232 başlık
Başlık/özet taraması sonrası	115 başlık
tam inceleme sonrası	62 makale
Tematik kodlama	5 tema — T1: 18, T2: 14, T3: 12, T4: 9, T5: 9
Kodlama yöntemi	Sistematik inceleme; uyuşmazlıklar literatür karşılaştırmasıyla giderildi

Not. Yazar tarafından derlenmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1'de görüldüğü üzere IFRS S2'nin gerektirdiği ESG veri akışı dijital altyapının her katmanıyla doğrudan bağlantılıdır. Şekil 1'deki entegrasyon modeli bu ilişkilerin süreç mantığını görselleştirmektedir. Aşağıdaki alt bölümler sistematik literatür taramasından elde edilen bulguları beş tema çerçevesinde tartışmaktadır.

4.1. Türkiye muhasebe sistemine etkiler ve uyum zorlukları (T3: n = 12)

Türkiye, IASB'nin IFRS'lerini KAYİK için zorunlu kılan bir çerçeveye sahip olup KGK, 29 Aralık 2023 tarihinde TSRS 1 ve TSRS 2'yi yayımlayarak IFRS S1/S2'nin yerel yasal karşılığını oluşturmuştur (KGK, 2023). T3 temasındaki 12 çalışmanın 9'u üç kritik engeli öne çıkarmaktadır. Her şeyden önce, ESG raporlamasının geleneksel muhasebe sistemleriyle entegrasyonunda disiplinlerarası uzmanlık eksikliği ve veri altyapısının yetersizliği belirleyici bir sorun olarak öne çıkmaktadır (Chopra vd., 2024). İkinci engel muhasebe meslek mensuplarının sürdürülebilirlik yetkinlik eksikliğidir. Üçüncüsü ise KAYİK dışındaki KOBİ'ler için uygulama kapsamının belirsizliğidir (Köse ve Çetin, 2023).

4.2. Maliyet boyutu: Dijital yatırım, zorunluluk mu tercih mi? (T2: n = 14)

T2 temasındaki 14 çalışmanın 10'u, dijital altyapı yatırımlarının kısa vadeli maliyet yükü ile uzun vadeli finansman avantajı arasında stratejik bir denge noktası oluşturduğu sonucuna varmaktadır (Christensen vd., 2021; World Economic Forum, 2022). AB Taksonomisi kapsamındaki yeşil finansman araçları ve ESG tahvil piyasaları, sürdürülebilirlik verilerini güvenilir raporlayabilen işletmelere öncelikli erişim sağlamaktadır. Bununla birlikte literatürde dijital dönüşüm yatırımlarının özellikle KOBİ ölçeğindeki işletmelerde kısa vadede ciddi finansal baskı yarattığını vurgulayan çalışmalar da mevcuttur (Chopra vd., 2024). Bu gerilim, Türkiye'deki uyum sürecinde politika yapıcıların KOBİ'lere yönelik geçiş desteği mekanizmaları tasarlamasını zorunlu kılmaktadır.

4.3. Eğitim paradoksu: Standart bilmek yetmez (T3: n = 12)

T3 temasındaki çalışmaların tamamı, muhasebe meslek mensuplarından yalnızca standart bilgisi değil; temel veri analisti yetkinliği talep edildiğini vurgulamaktadır. ESG raporlaması; karbon muhasebesi, XBRL etiketleme ve disiplinlerarası uzmanlık gerektirmekte olup geleneksel muhasebe eğitiminin kapsamının ötesine geçmektedir (Chopra vd., 2024). Bu yetkinlik boşluğu kapatılmadığı takdirde, standartların uygulamaya dönüşmesi yerine yalnızca kurumsal raporlarda bir başlığa dönüşme riski doğmaktadır (Köse ve Çetin, 2023).

4.4. SKDM ve finansal materiality: Türkiye için somut risk (T4: n = 9)

T4 temasındaki 9 çalışmanın tamamı, SKDM'nin ihracatçı ülkeler için sürdürülebilirlik raporlamasını somut bir finansal riske dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır (European Commission, 2023; Khan vd., 2016). Çelik, çimento, alüminyum, gübre ve elektrik sektörlerinde AB'ye ihracat yapan Türk işletmeler, karbon yoğunluğunu belgelememeleri hâlinde karbon sertifikası satın alma yükümlülüğüyle karşılaşmaktadır. Kapsam 1-2 emisyonlarını raporlayamayan bir muhasebe sistemi, doğrudan ihracat rekabet gücünün erimesi anlamına gelmektedir.

4.5. Güvence hizmetlerinin dönüşümü ve greenwashing (T5: n = 9)

T5 temasındaki 9 çalışmanın 7'si, ESG verilerinin bağımsız güvenceye olan gereksiniminin hızla arttığını göstermektedir (IAASB, 2024). XBRL tabanlı raporlamanın farklı ajanslar arasındaki ESG derecelendirme tutarsızlıklarını azaltma potansiyeli taşıdığı ampirik çalışmalarla da desteklenmektedir (Lukács vd., 2024). Blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri boyunca değiştirilemez ESG kayıtları tutması, greenwashing iddialarına karşı teknik bir bariyer işlevi görebilmektedir (Mio vd., 2020).

Tablo 3. Türkiye IFRS S1/S2 uygulama hazırlık çerçevesi (Readiness Model)

No	Boyut	Mevcut Durum	Hedef	Öncelik
1	**Dijital Altyapı**	ERP/IoT entegrasyonu yetersiz; Kapsam 3 ölçüm sistemi mevcut değil	Entegre IoT/ERP sistemi; otomatik Kapsam 1-2-3 ölçümü	**YÜKSEK**
2	**ESG Veri Kalitesi**	Büyük çoğunlukta manuel, doğrulanamaz veri yapısı	Doğrulanabilir, XBRL uyumlu ESG raporlaması	**YÜKSEK**

3	**İnsan Kaynağı / Yetkinlik**	Standart bilen az; veri analisti ve karbon muhasebesi yetkinliği eksik	TÜRMOB bünyesinde sürdürülebilirlik ve dijital yetkinlik sertifikasyonu	**ORTA**
4	**Regülasyon / KGK**	TSRS 1/2, 29.12.2023'te yayımlandı; zorunlu takvim ve KAYİK dışı kapsam henüz netleşmemiş	Zorunlu uygulama takvimi, sektörel kılavuz ve KAYİK dışı kapsam tanımı	**KRİTİK**
5	**SKDM Uyumu**	Çelik, çimento, alüminyum vb. sektörlerde karbon izleme mekanizması yok	Sektör bazlı emisyon raporlama altyapısı; AB CBAM portal entegrasyonu	**KRİTİK**

Not. T3 ve T4 tematik analizinden elde edilen bulgular ile KGK ve European Commission (2023) belgelerine dayanarak oluşturulmuştur. Yazar tarafından geliştirilmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

5.1. Çalışmanın katkıları

Bu çalışma IFRS S1 ve S2 standartlarının muhasebe ve denetim uygulamaları üzerindeki dönüştürücü etkisini ve bu sürecin Türkiye boyutunu ikiz dönüşüm perspektifinden incelemiştir. **Teorik katkı** açısından, IFRS S1/S2 gereklilikleri ikiz dönüşüm perspektifiyle bütüncül biçimde ele alınarak bu entegrasyonu görselleştiren ve gelecekte ampirik olarak test edilebilecek ilişkiler öneren bir kavramsal model sunulmaktadır (Şekil 1). **Uygulama katkısı** bakımından, dijital altyapı ile ESG veri kalitesi arasındaki ilişki denetim izi ve XBRL boyutlarıyla somutlaştırılmış; Tablo 1 bu ilişkiyi katman katman ortaya koymuştur. **Politika katkısı** çerçevesinde ise Tablo 3'te sunulan readiness modeli aracılığıyla KGK, TÜRMOB ve politika yapıcılara yönelik önceliklendirilmiş bir uygulama çerçevesi geliştirilmiştir.

5.2. Öneriler

KGK'nın 29 Aralık 2023'te yayımladığı TSRS 1 ve TSRS 2 kararı önemli bir adım olmakla birlikte, zorunlu uygulama takviminin ve KAYİK dışı kapsam sınırlarının bir an önce netleştirilmesi pratik belirsizliği giderecektir (KGK, 2023). Sürdürülebilirlik raporlaması ve dijital yetkinlik konularında mesleki uzmanlaşmanın gerekliliği vurgulanmakta olup (Köse ve Çetin, 2023), bu süreçte TÜRMOB bünyesinde geliştirilecek sertifikasyon programları öncelikli bir ihtiyaç olarak öne çıkmaktadır. SKDM kapsamındaki sektörlerdeki işletmelerin ESG veri altyapısına yönelik dijital yatırımları acil stratejik öncelik olarak benimsemesi önerilmektedir (World Economic Forum, 2022).

5.3. Sınırlılıklar ve gelecek araştırmalar

Bu çalışma kavramsal düzlemde kalmakta olup ampirik veri içermemektedir. Gelecekteki çalışmaların BIST şirketleri üzerinde yapılacak ampirik analizlerle desteklenmesi beklenmektedir. Özellikle dijital olgunluk düzeyleri ile sürdürülebilirlik raporlama kalitesi arasındaki ilişkiyi ölçen nicel araştırmalar, Şekil 1'deki modeli ampirik zeminde test etme fırsatı sunacaktır.

Kaynakça

Agarwal, R. ve Prasad, J. (1998). "A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology". Information Systems Research, 9(2): 204-215.

Chopra, S. S., Senadheera, S. S., Dissanayake, P. D., Withana, P. A., Chib, R., Rhee, J. H. ve Ok, Y. S. (2024). "Navigating the challenges of environmental, social, and governance (ESG) reporting: The path to broader sustainable development". Sustainability, 16(2): 606.

Christensen, H. B., Hail, L. ve Leuz, C. (2021). "Mandatory CSR and sustainability reporting: Economic analysis and literature review". Review of Accounting Studies, 26(3): 1176-1248.

Eccles, R. G. ve Krzus, M. P. (2010). One Report: Integrated Reporting for a Sustainable Strategy. New York: John Wiley & Sons.

European Commission. (2022). Directive (EU) 2022/2464 — Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD). Official Journal of the European Union, L 322/15.

European Commission. (2023). Regulation (EU) 2023/956 — Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). Official Journal of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0956 (15.04.2026).

IAASB. (2024). International Standard on Sustainability Assurance 5000 (ISSA 5000): General Requirements for Sustainability Assurance Engagements. New York: International Federation of Accountants.

IFRS Foundation. (2023a). IFRS S1 General Requirements for Disclosure of Sustainability-Related Financial Information. London: ISSB. https://www.ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-disclosure-standards/ifrs-s1-general-requirements/ (15.04.2026).

IFRS Foundation. (2023b). IFRS S2 Climate-Related Disclosures. London: ISSB. https://www.ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-disclosure-standards/ifrs-s2-climate-related-disclosures/ (15.04.2026).

Khan, M., Serafeim, G. ve Yoon, A. (2016). "Corporate sustainability: First evidence on materiality". The Accounting Review, 91(6): 1697-1724.

KGK. (2023). Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları (TSRS 1 ve TSRS 2) Hakkında Karar (29 Aralık 2023). Ankara: Kamu Gözetimi, Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu. https://www.kgk.gov.tr (15.04.2026).

Köse, T. ve Çetin, Ö. O. (2023). "Uluslararası sürdürülebilirlik açıklama standartları IFRS S1 ve IFRS S2'nin yayınlanmasının ardından sürece ve standartlara ilişkin bir değerlendirme". Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi, 6(4): 1145-1158.

Lukács, B., Molnár, P. ve Rickards, R. C. (2024). "Comparative assessment of ESG ratings methodology and results based on XBRL". Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8(12): 8641.

Mio, C., Fasan, M., Marcon, C. ve Scarfò, A. (2020). "Materiality in integrated and sustainability reporting: A paradigm shift?". Business Strategy and the Environment, 29(1): 306-320.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D. ve Moher, D. (2021). "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews". Journal of Clinical Epidemiology, 134: 178-189.

Pei, L. ve Vasarhelyi, M. A. (2020). "Artificial intelligence in auditing: Current research and future directions". Journal of Emerging Technologies in Accounting, 17(2): 65-82.

Roca, L. C. ve Searcy, C. (2012). "An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports". Journal of Cleaner Production, 20(1): 103-118.

Snyder, H. (2019). "Literature review as a research methodology: An overview and guidelines". Journal of Business Research, 104: 333-339.

TCFD. (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures. Basel: Financial Stability Board. https://www.fsb-tcfd.org/recommendations/ (15.04.2026).

World Economic Forum. (2022). Measuring Stakeholder Capitalism: Towards Common Metrics and Consistent Reporting of Sustainable Value Creation. Geneva: WEF. https://www.weforum.org/reports/measuring-stakeholder-capitalism (15.04.2026

TÜBİTAK 2209-A/B ÖĞRENCİ PROJELERİ – ÖZET BİLDİRİLER

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELEDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK POLİTİKALARI: ÇEVRE HUKUKU VE KAMU YÖNETİMİ ARASINDAKİ UYUM SORUNLARI

SUSTAINABILITY POLICIES IN THE FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE: PROBLEMS OF HARMONIZATION BETWEEN ENVIRONMENTAL LAW AND PUBLIC ADMINISTRATION

Alperen YILMAZ[1]
Doç. Dr. Emre EKİNCİ[2]

Özet

İklim değişikliği, günümüzde yalnızca çevresel bir sorun olmanın ötesine geçerek, kamu yönetimi sistemlerinin etkinliğini doğrudan sınayan çok boyutlu bir küresel kriz hâline gelmiştir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik politikalarının başarısı, yalnızca güçlü yasal düzenlemelerin varlığıyla değil; bu düzenlemelerin kamu yönetimi yapıları içinde ne ölçüde uygulanabildiği ve kurumsal süreçlerle ne derece uyumlu olduğu ile yakından ilişkilidir. Bu çalışma, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında geliştirilen sürdürülebilirlik politikalarını, çevre hukuku ile kamu yönetimi uygulamaları arasındaki uyum sorunları perspektifinden incelemeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın temel problemi, çevre hukukunun esnek ve dinamik yapısı ile geleneksel kamu yönetiminin çoğu zaman katı ve hiyerarşik işleyişi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanmaktadır. Özellikle merkezi ve yerel yönetimler arasındaki koordinasyon eksikliği, çevre mevzuatının uygulanmasında belirgin bir "uygulama boşluğu" yaratmakta; bu durum, normatif olarak güçlü görünen düzenlemelerin sahada beklenen çevresel sonuçları üretmesini zorlaştırmaktadır. Bu yönüyle çalışma, çevre politikalarının başarısının yalnızca hukuki çerçeveyle değil, aynı zamanda yönetsel kapasite ve kurumsal uyumla doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş; literatür taraması ve güncel mevzuat incelemesi yoluyla çevre hukukunun temel ilkelerinin idari karar alma süreçlerine ne ölçüde entegre edilebildiği analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, çevre hukukunun normatif gücüne rağmen, uygulama düzeyinde çeşitli kurumsal ve yönetsel sınırlılıkların bulunduğunu göstermektedir. Özellikle bürokratik yapıların esneklikten uzak olması, kurumlar arası koordinasyon eksikliği ve uygulama süreçlerinde karşılaşılan idari engeller, sürdürülebilirlik politikalarının etkinliğini sınırlandırmaktadır.

Bu çerçevede çalışma, iklim değişikliği ile mücadelenin başarısı için "iklime duyarlı bir kamu yönetimi" anlayışının geliştirilmesinin zorunlu olduğunu vurgulamaktadır. Kamu yönetiminde yatay ve dikey koordinasyonun güçlendirilmesi, çevre hukukunun idari süreçlere daha etkin biçimde entegre edilmesi ve bürokratik mekanizmaların sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılandırılması, temel çözüm önerileri olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak çalışma, çevre hukukunun yalnızca normatif bir çerçeve olarak değil, aynı zamanda kamu yönetiminin tüm kademelerinde rehberlik eden bir ilke olarak benimsenmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Sürdürülebilirlik Politikaları, Çevre Hukuku, Kamu Yönetimi, Uyum Sorunları.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 1620312208@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, emrekinci@gmail.com

Abstract

Climate change has evolved beyond being merely an environmental issue, becoming a multidimensional global crisis that directly tests the effectiveness of public administration systems. In this context, the success of sustainability policies is closely linked not only to the existence of robust legal frameworks but also to the extent to which these frameworks can be implemented within public administration structures and their compatibility with institutional processes. This study aims to examine sustainability policies developed in the context of combating climate change from the perspective of compatibility issues between environmental law and public administration practices.

The core problem of the study stems from the incompatibility between the flexible and dynamic nature of environmental law and the often rigid and hierarchical functioning of traditional public administration. In particular, the lack of coordination between central and local governments creates a significant "implementation gap" in the enforcement of environmental legislation; this situation makes it difficult for regulations that appear strong on paper to produce the expected environmental outcomes in practice. In this regard, the study demonstrates that the success of environmental policies is directly linked not only to the legal framework but also to administrative capacity and institutional coherence.

The study adopted a qualitative research method; it analyzed the extent to which the fundamental principles of environmental law can be integrated into administrative decision-making processes through a literature review and an examination of current legislation. The findings indicate that, despite the normative power of environmental law, various institutional and administrative constraints exist at the implementation level. In particular, the inflexibility of bureaucratic structures, the lack of inter-agency coordination, and administrative obstacles encountered in implementation processes limit the effectiveness of sustainability policies.

In this context, the study emphasizes that developing a "climate-sensitive public administration" is essential for the success of efforts to combat climate change. Strengthening horizontal and vertical coordination within public administration, integrating environmental law more effectively into administrative processes, and restructuring bureaucratic mechanisms in line with sustainability principles emerge as key recommendations. In conclusion, the study indicates that environmental law must be adopted not merely as a normative framework but also as a guiding principle across all levels of public administration.

Keywords: Climate Change, Sustainability Policies, Environmental Law, Public Administration, Harmonization Problems.

OBEZİTEYLE MÜCADELEDE TÜRK VERGİ SİSTEMİNİN ROLÜ: OBEZİTE VERGİLERİ[1]

THE ROLE OF THE TURKISH TAX SYSTEM IN COMBATING OBESITY: OBESITY TAXES

Beyza KÖMÜR[2]
Ayşe ERDOĞAN[3]
Dr. Öğr. Üyesi Muhammed SAMANCI[4]

Özet

Devletin temel görev ve fonksiyonlarını yerine getirmesi amacıyla gerçekleştirilecek kamu harcamalarına süreklilik arz eden gelir kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Vergiler finansman kaynakları içinde en önemli gelir kalemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Devletin görev ve fonksiyonlarında meydana gelen değişiklikler ile ekonomiye müdahalelerin yaygınlaşması nedeniyle, vergilerin asıl mali fonksiyonu yanında ekonomik, siyasal ve sosyal birtakım hedeflerin gerçekleştirilmesinde etkili bir araç olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gelir üzerinden alınan vergiler bireylerin vergi sonrası kullanılabilir gelirlerini etkilerken, tüketim üzerinden alınan vergiler de tüketim davranışları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Vergilerin etkileri caydırıcı ve teşvik edici olması yönünden ekonomik, kültürel ve sağlık gibi alanlarda hükümetlerin uyguladığı politikaları konusunda olumlu sonuçlar almasına yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla ülke vergi sistemlerinde uygulanmakta olan vergiler bireylerin gıda tüketimi konusunda etkili bir araç olarak kullanılması obezite vergisi kapsamında değerlendirilmektedir. Vergi sistemlerinde, Katma Değer Vergisi, Özel Tüketim Vergisi ve Gümrük Vergisi vb. vergiler gıda fiyatlarını arttırdığı için obezite ile mücadelede etkili bir araç olarak kullanma potansiyeline sahiptir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde önemli bir konu olan ve toplum sağlığına yönelik çeşitli politikaların geliştirilmesinde obezite vergisi halk sağlığının korunmasında etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türk Vergi Sisteminde yer alan vergileri obezite vergisi olabilecek niteliklere sahip olup olmadığı değerlendirmektir. Obezite sonucu ortaya çıkan hastalıklar sonucu toplum sağlığının bozulması yanında bu hastalıkların giderilmesi sosyal güvenlik kurumlarına ağır bir mali yük teşkil etmektedir. Dolayısıyla obezite vergisi özelliklerine sahip olan ülke vergi sistemleri sayesinde bahsi geçen problemlerin azaltılmasında önemli bir rol üstlenmiştir. Türk vergi sisteminde tüketim ve servet üzerinden alınan vergilerde obezite vergisi olabilecek niteliklere sahip olduğu varsayımı çalışmamızın hipotezini teşkil etmektedir. Çalışmada bu vergilerin konusu ve uygulanan oranlar dikkate alınarak içerik analizi yapılacaktır. Türk vergi sisteminde özellikle katma değer vergisi ve özel tüketim vergisi önemli bir gelir kaynağı olmasının yanı sıra, obezite ile mücadelede aktif bir şekilde kullanılmamaktadır. Ancak obeziteyle mücadelede konusunda etkin bir araç olarak kullanılabilir. Örneğin insan sağlığına zararlı besinlerin kullanımını azaltmak amacıyla yüksek oranlı bir vergi ve sportif faaliyetleri vergiden muaf tutmak gibi teşviklere yer verilebilir. Dolayısıyla Türk Vergi Sisteminin obezite vergisinin kategorisinde yer alması veya obeziteyi azaltma konusunda etkili bir araç olarak kullanılması hem toplumun sağlığını ve buna bağlı olarak huzurunun korunmasında hem de bu hastalığın meydana getireceği maliyetler minimize edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Vergi, Obezite Vergisi, Sağlıksız Gıda, Gıda Fiyatları

[1] Bu çalışma 1919B012413997 başvuru numaralı, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı (2024/1) dönemine ait projeden üretilmiştir.
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, 1beyzakomur@gmail.com
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16204122019@ogr.bozok.edu.tr
[4] Yozgat Bozok Üniversitesi, muhammed.samanci@bozok.edu.tr

Abstract

There is a need for stable and continuous revenue sources to finance public expenditures undertaken to fulfill the fundamental duties and functions of the state. Among these sources, taxes constitute the most significant revenue item. Owing to changes in the state's roles and functions, as well as the increasing prevalence of economic interventions, taxes have begun to be utilized not only for their primary fiscal function but also as effective instruments for achieving various economic, political, and social objectives. While taxes levied on income affect individuals' disposable income after taxation, taxes imposed on consumption have a significant influence on consumption behavior. In terms of their deterrent and incentive effects, taxes assist governments in achieving positive outcomes in policy areas such as the economy, culture, and public health. Accordingly, the use of taxes within national tax systems as an instrument to influence individuals' food consumption behavior is evaluated within the scope of obesity taxation. Within tax systems, instruments such as Value Added Tax, Special Consumption Tax, and Customs Duties have the potential to serve as effective tools in combating obesity, as they increase food prices. In both developed and developing countries, obesity taxation an important issue in the design of public health policies is employed as an effective instrument for the protection of public health. The aim of this study is to evaluate whether the taxes within the Turkish Tax System possess characteristics that would qualify them as obesity taxes. In addition to the deterioration of public health caused by obesity-related diseases, the treatment of these conditions imposes a substantial financial burden on social security institutions. Therefore, tax systems that incorporate features of obesity taxation play a significant role in mitigating these issues. The hypothesis of this study is that taxes levied on consumption and wealth within the Turkish Tax System possess characteristics that could classify them as obesity taxes. In this context, a content analysis will be conducted by taking into account the subject matter of these taxes and the applicable tax rates. Although Value Added Tax and Special Consumption Tax constitute important sources of revenue within the Turkish Tax System, they are not actively utilized as instruments in the fight against obesity. However, they could be employed as effective tools in this regard. For instance, higher tax rates could be imposed to reduce the consumption of foods harmful to human health, while incentives such as tax exemptions for sporting activities could be introduced. Consequently, positioning the Turkish Tax System within the framework of obesity taxation, or utilizing it as an effective instrument to reduce obesity, would contribute both to the protection of public health and social well-being, and to the minimization of the costs associated with obesity-related diseases.

Keywords: Tax, Obesity Tax, Unhealthy Food, Food Prices.

ELEKTROSTATİK TERS PROBLEMLERDE YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI

AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPROACH TO ELECTROSTATIC INVERSE PROBLEMS

Yasin Koçyiğit[1]

Özet

Bu çalışmada, klasik Coulomb etkileşmesine dayalı üç yüklü bir sistemde ortaya çıkan ters problem yapay sinir ağı yaklaşımı kullanılarak ele alınır. Amaç, konumları bilinen ancak büyüklükleri bilinmeyen iki kaynak yükün, bir referans noktada ölçülen elektrik alan ve kuvvet sinyallerinden yararlanılarak kestirilmesini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda ileri problem Coulomb yasası ile tanımlanır ve farklı yük-konum düzenlerinden sentetik veri üretilir. Üretilen veri kümesi, çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağının eğitimi için kullanılır. Girdi uzayı yalnızca ölçülen alan ve kuvvet bileşenlerinden oluşmaz, aynı zamanda yer değiştirme vektörleri, uzaklıklar ve yön bilgileri gibi geometrik tanımlayıcıları da içerir. Böylece fiziksel yapı veri temsiline gömülür ve ters eşlemenin öğrenilebilirliği artırılır. Ağ mimarisi tam bağlantılı çok katmanlı algılayıcı yapısında kurulur. Eğitim süreci ortalama karesel hata kaybı ile yürütülür, en uygun model doğrulama kaybına göre seçilir ve son değerlendirme bağımsız test kümesi üzerinde gerçekleştirilir.

Elde edilen bulgular, yapay sinir ağının elektrostatik ölçümler ile bilinmeyen yükler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi etkili biçimde öğrendiğini gösterir. Gerçek ve tahmin edilen yük değerleri arasında güçlü bir uyum gözlenir ve hata yapısı genel olarak kararlı bir davranış sergiler. Hiperparametre incelemeleri, aktivasyon fonksiyonu seçiminin yakınsama davranışı ve kestirim başarısı üzerinde etkili olduğunu, ancak ağ derinliğinin model performansını belirleyen temel unsur olarak öne çıktığını ortaya koyar. Ayrıca zayıf sinyal içeren örneklerin uygun eşiklerle filtrelenmesi, ters problemin kötü koşullanmış durumlarını azaltarak kestirim başarısını artırır. Diğer taraftan, aşırı filtreleme veri çeşitliliğini düşürdüğü için performansı sınırlar. Sonuç olarak çalışma, yapay sinir ağlarının kontrollü elektrostatik ters problemlerde etkili, esnek ve daha karmaşık çok cisimli Coulomb sistemlerine genişletilebilir bir kestirim çerçevesi sunduğunu gösterir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Sinir Ağları, Elektrostatik

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 16008123157@ogr.bozok.edu.tr

Abstract

In this study, the inverse problem arising in a three-charged system based on the classical Coulomb interaction is addressed using an artificial neural network approach. The aim is to estimate the magnitudes of two source charges, whose positions are known but whose magnitudes are unknown, by utilising the electric field and force signals measured at a reference point. To this end, the direct problem is defined by Coulomb's law and synthetic data is generated from different charge-position configurations. The generated dataset is used to train a multilayer feedforward artificial neural network. The input space consists not only of the measured electric field and force components but also includes geometric descriptors such as displacement vectors, distances and direction information. In this way, the physical structure is embedded in the data representation, thereby enhancing the learnability of the inverse mapping. The network architecture is based on a fully connected, multilayer perceptron structure. The training process is carried out using mean squared error loss; the optimal model is selected based on validation loss, and final evaluation is performed on an independent test set.

The findings demonstrate that the artificial neural network effectively learns the non-linear relationship between electrostatic measurements and unknown charges. A strong correlation is observed between the actual and predicted load values, and the error structure generally exhibits stable behaviour. Hyperparameter studies reveal that the choice of activation function influences convergence behaviour and prediction success, but that network depth emerges as the key factor determining model performance. Furthermore, filtering samples containing weak signals using appropriate thresholds reduces ill-conditioned instances of the inverse problem, thereby improving prediction success. On the other hand, over filtering limits performance by reducing data diversity. Consequently, the study demonstrates that artificial neural networks provide an effective, flexible prediction framework for controlled electrostatic inverse problems, which can be extended to more complex multi-body Coulomb systems.

Keywords: Machine Learning, Neural Network, Electrostatic

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ÖĞRENCİLERİNİN YAPAY ZEKÂ KULLANIMI VE OKURYAZARLIĞININ ÇOK BOYUTLU ANALİZİ

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE AND LITERACY AMONG PHYSIOTHERAPY AND REHABILITATION STUDENTS

İremnur ÖZTÜRK[1]
Şilan KURT[2]
İlker GÜNEY[3]
Dr. Öğr. Üyesi Beyza Nur DURUKAN[4]

Konu: Günümüzde yapay zekâ (YZ) teknolojileri sağlık alanında giderek daha fazla kullanılmakta ve sağlık profesyonellerinin ve sağlık alanında eğitim alan bireylerin YZ ve YZ kullanan araçlara yönelik bilgi, beceri ve tutumları önem kazanmaktadır. Fizyoterapi ve rehabilitasyon öğrencileri, eğitim hayatlarında karşılaştıkları teorik ve hasta odaklı problemlerin çözümünde sıklıkla YZ araçlarını kullanmaktadır. Bu nedenle, YZ okuryazarlık düzeylerinin, kullanım alışkanlıklarının ve etik farkındalıklarının belirlenmesi, gelecekteki klinik uygulamalar açısından kritik öneme sahiptir.

Amaç: Bu çalışmanın amacı fizyoterapi ve rehabilitasyon lisans öğrencilerinin YZ kullanım sıklıkları, kullanım amaçları, YZ okuryazarlıkları ve YZ'ye yönelik tutumlarının incelenmesidir.

Yöntem: Çalışmaya yaşları 18-25 arasında olan ve farklı sınıf düzeylerinde öğrenim gören 50 fizyoterapi ve rehabilitasyon öğrencisi dahil edildi. Katılımcıların sosyodemografik bilgileri (yaş, cinsiyet, sınıf, akademik başarı ortalaması) ve kendileri tarafından bildirilen YZ ve ekran kullanım süreleri kaydedildi.

Veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından oluşturulan anket formu yüz yüze uygulanmıştır. YZ okuryazarlığı "Yapay Zeka Okuryazarlığı Ölçeği" ile, YZ öz yeterliliği ise "Yapay Zeka Öz Yeterlilik Ölçeği Kısa Formu" ile değerlendirildi. Ölçekler Türkçe dilinde geçerli ve güvenilir olup, ölçeklerin toplam puanları kaydedilmiştir.

Bulgular: Çalışmaya katılan öğrencilerin (8E/42K) ortalama yaşları 21,02±1,70 yıldı. Öğrencilerin 1. Sınıftan 4. Sınıfa kadar öğrenim düzeyleri sırasıyla 12 (%24), 13 (%26), 15 (%30), 10 (%20) idi. Bireylerin günlük YZ kullanım süreleri 2,68±0,77 saat, ekran süreleri ise 4,14±0,89 saat olarak bulundu. Bireylerin YZ öz-yeterlilik düzeyleri, günlük YZ kullanımları ile pozitif yönde, orta düzeyde korelasyon gösterirken (r=0,398, p=0,004), diğer faktörler arasında istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir ilişki bulunmadı.

Sonuç ve Öneriler: YZ, günümüzde pek çok alanda kullanılan bir teknoloji haline gelmiştir. Ancak, eğitim ve sağlık gibi hassas alan olarak tanımlanan alanlarda YZ kullanımına ilişkin etik farkındalık, veri güvenliği ve yapay zekânın sınırlılıkları konularında geliştirilmesi gereken alanlar bulunmaktadır. Gelecekte sağlık hizmetlerinde yapay zekâ kullanımının artacağı göz önüne alındığında, öğrencilerin bu alanda eğitimlerinin güçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Fizyoterapistler ve diğer sağlık profesyonellerinin yapay zekâyı bilinçli, etik ve etkili şekilde kullanabilmesi için lisans eğitimine yönelik düzenlemeler yapılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: yapay zekâ, fizyoterapi ve rehabilitasyon, dijital okuryazarlık.

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 26301123026@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, 26301123057@ogr.bozok.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, 26301122051@ogr.bozok.edu.tr
[4] Yozgat Bozok Üniversitesi, b.nur.durukan@yobu.edu.tr

Subject: Nowadays, artificial intelligence (AI) technologies are increasingly used in the health field, and the knowledge, skills, and attitudes of health professionals and students in health- related fields toward AI and AI-driven tools are becoming increasingly important. Physiotherapy and rehabilitation students frequently utilize AI tools to solve theoretical and patient-centered problems encountered during their education. Therefore, determining their AI literacy levels, usage habits, and ethical awareness is of critical importance for future clinical practices.

Aim: This study aims to examine the AI usage frequency, purposes of use, AI literacy, and attitudes toward AI among undergraduate physiotherapy and rehabilitation students.

Method: The study included 50 physiotherapy and rehabilitation students aged 18-25, studying at various grade levels. Participants' sociodemographic information (age, gender, grade level, academic grade point average) and self-reported daily AI and screen usage times were recorded. A questionnaire form created by the researcher was administered face-to-face as a data collection tool. AI literacy was evaluated using the "Artificial Intelligence Literacy Scale"; and AI self-efficacy was assessed using the "Artificial Intelligence Self-Efficacy Scale Short Form". Both scales are valid and reliable in Turkish, and their total scores were recorded.

Findings: The mean age of the participating students (8M/42F) was 21.02±1.70 years. The distribution across grade levels from 1st to 4th grade was 12 (24%), 13 (26%), 15 (30%), and 10 (20%), respectively. The daily AI usage time of the individuals was 2.68±0.77 hours, and their screen time was 4.14±0.89 hours. A positive, moderate correlation was found between individuals; AI self-efficacy levels and their daily AI usage ($r=0.398$, $p=0.004$) while no statistically significant relationship was found among other factors.

Conclusion and Recommendations: AI has become a technology utilized in many fields today. However, in sensitive areas such as education and healthcare, some aspects need development regarding ethical awareness, data security, and the limitations of AI. Considering that the use of AI in healthcare services will increase in the future, it is of great importance to strengthen students' education in this field. Regulations in undergraduate education are recommended to ensure that physiotherapists and other health professionals can use artificial intelligence in a conscious, ethical, and effective manner.

Keywords: artificial intelligence, physiotherapy and rehabilitation, digital literacy.

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ GRAFİK TASARIMIN YARATICI ÜRETİM SÜREÇLERİNE ETKİSİ

THE IMPACT OF AI-ASSISTED GRAPHIC DESIGN ON CREATIVE PRODUCTION PROCESSES

Nusret İbrahim YURTSEVER[1]

Özet

Yapay zekâ teknolojilerinin görsel üretim alanına hızla eklemlenmesi, grafik tasarım disiplininde yalnızca yeni araçların kullanımını değil, yaratıcı sürecin yapısal olarak yeniden tanımlanmasını da beraberinde getirmektedir. Özellikle üretken yapay zekâ sistemleri, imge üretimi, kompozisyon kurgusu, biçimsel varyasyon geliştirme, görsel dil oluşturma ve kavramsal yönelim belirleme gibi tasarımın temel aşamalarına doğrudan müdahil olarak grafik tasarım pratiğinin sınırlarını dönüştürmektedir. Bu durum, grafik tasarımın uzun yıllardır insan yaratıcılığı, estetik sezgi, özgünlük ve tasarımcı öznelliği ekseninde temellenen kuramsal çerçevesini yeniden düşünmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu bildiri, yapay zekâ destekli grafik tasarımın yaratıcı üretim süreçlerinde meydana getirdiği dönüşümü, disiplinin düşünsel temelleri ve güncel uygulama pratikleri bağlamında tartışmaya açmaktadır.

Yapay zekânın grafik tasarım alanında yalnızca üretim hızını artıran işlevsel bir teknoloji olarak değerlendirilemeyeceği; aksine, tasarımcının karar alma süreçlerini, yaratıcı otoritesini ve görsel üretim üzerindeki kurucu rolünü yeniden biçimlendiren dönüştürücü bir etken hâline geldiğidir. Bu bağlamda yapay zekâ, kimi zaman yardımcı bir sistem, kimi zaman alternatif üreten bir mekanizma, kimi zaman ise tasarım sürecine yön veren yarı-özerk bir yaratıcı arayüz olarak konumlanmaktadır. Böyle bir dönüşüm, grafik tasarımda yaratıcılığın kaynağına, özgünlüğün ölçütlerine, estetik değerin oluşumuna ve tasarımcının mesleki kimliğine ilişkin yerleşik kabulleri tartışmalı hâle getirmektedir.

Yapay zekâ destekli üretim süreçlerinin grafik tasarım pratiğinde açtığı yeni olanaklar kadar ürettiği gerilimler de ele alınmaktadır. Çoklu seçenek üretimi, hız, deneysel görselleştirme ve erişilebilir üretim kapasitesi gibi avantajlar; estetik tekdüzelik, yaratıcı emeğin görünmezleşmesi, telif sorunları ve tasarımcı öznenin ikincilleşmesi gibi eleştirel meselelerle birlikte değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda çalışma, grafik tasarım alanında insan ile makine arasındaki ilişkinin basit bir araçsallık düzeyinde değil, yaratıcı yetkenin yeniden dağıtıldığı hibrit bir üretim rejimi içinde anlaşılması gerektiğini ileri sürmektedir. Sonuç olarak bildiri, yapay zekâ destekli grafik tasarımın, çağdaş görsel kültürde yalnızca teknik bir yenilik değil; estetik, etik ve mesleki boyutları bulunan köklü bir paradigma dönüşümünü temsil ettiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, grafik tasarım, yaratıcı üretim, görsel kültür

[1] Kastamonu Üniversitesi, nusretyurtsever38@gmail.com

Abstract

Artificial intelligence technologies are rapidly becoming integrated into the field of visual production, bringing about not only the use of new tools in the discipline of graphic design but also a structural redefinition of the creative process itself. In particular, generative artificial intelligence systems are transforming the boundaries of graphic design practice by directly intervening in the fundamental stages of design, such as image generation, compositional construction, formal variation development, visual language formation, and the determination of conceptual direction. This development necessitates a reconsideration of the theoretical framework of graphic design, which has long been grounded in human creativity, aesthetic intuition, originality, and designer subjectivity. In this context, the present paper aims to discuss the transformation brought about by AI-assisted graphic design in creative production processes with reference to both the intellectual foundations of the discipline and its contemporary practices.

Artificial intelligence, therefore, cannot be regarded merely as a functional technology that increases production speed in the field of graphic design; rather, it has emerged as a transformative force that reconfigures the designer's decision-making processes, creative authority, and constitutive role in visual production. Within this framework, AI may be positioned at times as an assistive system, at times as a mechanism for generating alternatives, and at times as a semi-autonomous creative interface that directs the design process itself. Such a transformation renders debatable many established assumptions concerning the source of creativity in graphic design, the criteria of originality, the formation of aesthetic value, and the professional identity of the designer.

Alongside the new possibilities opened up by AI-assisted production processes in graphic design practice, the tensions they generate are also addressed. Advantages such as multiple-option generation, speed, experimental visualization, and accessible production capacity are evaluated together with critical issues including aesthetic uniformity, the invisibility of creative labor, copyright-related concerns, and the secondary positioning of the designer-subject. In this respect, the study argues that the relationship between human and machine in graphic design should be understood not at the level of simple instrumentality, but rather within a hybrid regime of production in which creative agency is redistributed. Consequently, the paper asserts that AI-assisted graphic design represents not merely a technical innovation in contemporary visual culture, but a profound paradigmatic transformation with aesthetic, ethical, and professional dimensions.

Keywords: Artificial intelligence, graphic design, creative production, visual culture

DİZ OSTEOARTRİTİ OLAN KRONİK BEL AĞRILI BİREYLERDE HASTALIK EVRESİNE GÖRE FONKSİYONEL VE PSİKOSOSYAL PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF FUNCTIONAL AND PSYCHOSOCIAL PARAMETERS ACCORDING TO DISEASE STAGE IN INDIVIDUALS WITH CHRONIC LOW BACK PAIN AND KNEE OSTEOARTHRITIS

Gizem ÖZKILSIZ[1]
Dr. Öğr. Üyesi Tuğba DERE [2]
Dr. Öğr. Üyesi Göker YURDAKUL[3]

Özet

Diz osteoartriti (OA), yalnızca diz eklemiyle sınırlı bir dejeneratif süreç olmayıp, alt ekstremite biyomekaniğini etkileyerek lumbal bölge patolojileri ve kronik bel ağrısı ile birlikte görülen çok boyutlu bir kas-iskelet sistemi problemidir. Bu nedenle diz osteoartriti olan bireylerde ortaya çıkan klinik tablo, yalnızca fiziksel yetersizlikle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda bireyin psikososyal durumunu da etkileyen ve bütüncül değerlendirme gerektiren bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Kronik ağrı yönetiminde ise konvensiyonel yaklaşımların tek başına uygulanması, ek patolojilerin ve ağrının psikososyal bileşenlerinin göz ardı edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu nedenle çalışmanın amacı, diz osteoartriti olan kronik bel ağrılı bireylerde osteoartrit (OA) evresine göre ağrı, fonksiyonel durum ve psikososyal parametreleri incelemektir. Çalışmaya OA seviyelerine göre evrelendirilmiş 40 hasta (30 K, 10 E) dahil edilmiştir. Bireylerin ağrı şiddeti Görsel Analog Skalası (GAS) ile, fonksiyonel durumu WOMAC Osteoartrit İndeksi ile, fiziksel performansı 5 Kez Otur-Kalk Testi ile, psikososyal durumu ise Ağrı Felaketleştirme Ölçeği (AFÖ) ve Korku Kaçınma İnanışları Anketi (KKİA) ile değerlendirilmiştir. Yaş ortalaması 67.75 ± 9.61 olan bireylerin çalışma sonuçlarına göre OA evresi ilerledikçe fonksiyonel parametrelerde azalma olduğu gösterilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca OA evresi ilerledikçe, psikososyal etkilenimin arttığı gözlenmiş; KKİA toplam skoru ve AFÖ düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p<0,05$). Sonuç olarak, farklı OA evrelerine sahip diz osteoartriti olan kronik bel ağrılı bireylerde, evre düzeyi arttıkça fonksiyonel ve psikososyal parametrelerin azaldığı; bununla birlikte fiziksel performanstaki kaybın psikososyal parametrelere göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Diz OA ve kronik bel ağrısı birlikteliğinde, hastalık evresine bağlı fonksiyonel kayıpların erken dönemde tespit edilmesi; bireysel bağımsızlığın korunması, yaşam kalitesinin arttırılması ve sağlık hizmeti yükünün azaltılması açısından kritik öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Sürdürülebilir sağlık yaklaşımı kapsamında, diz osteoartriti olan bireylerde bütüncül yaklaşımların arttırılarak; OA evresine özgü ağrı, fonksiyon ve psikososyal parametrelerdeki etkilenimi hedefleyen rehabilitasyon stratejilerinin planlanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Osteoarthritis, Back Pain, Psychosocial, Sustainable Health, Functionality

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, gizemozklsz@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, tugba.dere@yobu.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, goker.yurdakul@bozok.edu.tr

Abstract

Knee osteoarthritis (OA) is not merely a localized degenerative process; it represents a multifaceted musculoskeletal disorder that significantly alters lower extremity biomechanics and is frequently associated with lumbar pathologies and chronic low back pain. Consequently, the clinical manifestation of knee OA extends beyond physical disability, encompassing substantial psychosocial implications that necessitate a holistic assessment. In chronic pain management, conventional approaches often prove insufficient as they may overlook concomitant pathologies and the psychosocial dimensions of pain. Therefore, this study aimed to investigate pain intensity, functional status, and psychosocial parameters across different OA stages in individuals presenting with comorbid chronic low back pain and knee OA. The study cohort comprised 40 patients (30 F, 10 M) with an average age of 67.75 - 9.61 years, stratified according to their OA stages. Pain intensity was quantified using the Visual Analog Scale (VAS), while functional status was evaluated via the WOMAC Osteoarthritis Index. Physical performance was measured using the 5-Timed Sit-to-Stand Test. Additionally, psychosocial status was assessed through the Pain Catastrophizing Scale (PCS) and the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ). The findings revealed a progressive decline in functional parameters as the OA stage advanced ($p<0.05$). Notably, a significant increase in psychosocial impact was observed in correlation with disease progression; a statistically significant difference was identified in total FABQ scores and PCS levels across stages ($p<0.05$). Furthermore, while both functional and psychosocial parameters deteriorated as the OA stage increased, the decline in physical performance was found to be more pronounced than the impairment in psychosocial parameters. In individuals with comorbid chronic low back pain and knee OA, functional and psychosocial health diminish significantly as the disease stage advances. Early detection of stage-related functional decline is paramount for preserving individual independence, enhancing quality of life, and mitigating the socioeconomic burden on healthcare systems. Within the framework of a sustainable health approach, it is highly recommended to implement holistic rehabilitation strategies that specifically target the stage-dependent interplay between pain, physical function, and psychosocial factors.

Keywords: Knee Osteoarthritis, Psychosocial Factors, Physical Performance, Sustainable Health, Functionality

RESİMLİ ÇOCUK KİTAPLARININ OKULÖNCESİ DÖNEMDE CANLILARIN YAŞAM DÖNGÜSÜNÜ ANLAMA SÜREÇLERİNE ETKİSİ

Feyzanur EFE[1]

Özet

Bu araştırmada, resimli çocuk kitaplarının okulöncesi dönem çocuklarının canlıların yaşam döngüsünü anlama süreçleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma, ön test–son test kontrol gruplu yarı deneysel desen ile yürütülmüştür. Çalışma grubunu, Yozgat ilinde bulunan bir anaokulunda öğrenim gören çocuklar oluşturmuştur. Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilere uygulama öncesinde ön test uygulanmış, ardından deney grubuyla 10 hafta süren etkileşimli okuma temelli bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Uygulama sürecinde deney grubundaki çocuklara, canlıların yaşam döngüsünü konu alan resimli çocuk kitapları etkileşimli okuma yöntemiyle sunulmuş; kitap içerikleriyle uyumlu olarak sınıf içi ve sınıf dışı etkinlikler planlanarak uygulanmıştır. Kontrol grubunda ise mevcut okul öncesi eğitim programı doğrultusunda öğretim süreci sürdürülmüştür. Araştırmada veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmış, elde edilen veriler nitel analiz yöntemleriyle çözümlenmiştir.

Araştırma bulguları, resimli çocuk kitaplarıyla desteklenen etkileşimli okuma sürecinin, çocukların canlıların yaşam döngüsüne ilişkin kavramsal anlayışlarını anlamlı düzeyde geliştirdiğini göstermiştir. Deney grubundaki çocukların, canlıların yaşam evrelerini doğru sıralama, süreçler arası ilişki kurma ve neden-sonuç bağları oluşturma becerilerinde belirgin ilerlemeler kaydedilmiştir. Ayrıca çocukların bilimsel gözlem yapma, açıklama geliştirme ve öğrendiklerini ifade etme becerilerinde de gelişim gözlenmiştir. Kontrol grubunda ise sınırlı düzeyde ilerleme olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, resimli çocuk kitaplarının erken çocukluk döneminde bilimsel kavramların öğretiminde etkili bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma bulgularına dayalı olarak, etkileşimli okuma temelli uygulamaların okulöncesi eğitim programlarına sistematik biçimde entegre edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Okulöncesi eğitim, resimli çocuk kitapları, yaşam döngüsü, etkileşimli okuma, bilimsel kavram gelişimi

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, feyzanurefe370@gmail.com

KONUTTA FİJİTAL VE HİBRİT MEKÂNLAR: KULLANICI ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ

PHYGITAL AND HYBRID SPACES IN RESIDENTIAL INTERIORS: A COMPARATIVE ANALYSIS ON USER INTERACTION

Arş. Gör. Zeynep Yeter ALTAN[1]

Özet

Dijital dönüşüm süreçleri, konut iç mekânlarını hem işlevsel hem de deneyimsel açıdan yeniden biçimlendirmektedir. Pandemi sonrası dönemde uzaktan çalışma düzenlerinin ve akıllı ev teknolojilerinin yaygınlaşması, konut mekânının çok katmanlı ve eş zamanlı kullanım biçimlerine sahne olmasına yol açmıştır. Bu bağlamda "fijital" (phygital) ve "hibrit" mekân kavramları mimarlık ve iç mekân tasarımı literatüründe giderek daha fazla yer bulmakta; ancak çoğu zaman birbirinin yerine kullanılarak kavramsal bir belirsizlik üretmektedir. Konut iç mekânlarında, özellikle Covid-19 pandemisi sonrası dönemde, esneklik ve çok işlevlilik ihtiyacı gündeme gelmiştir. Pandemi sonrasında uzaktan gerçekleştirilen günlük yaşam rutinleri çok katmanlı ve eş zamanlı kullanım biçimlerine sahne olmasına yol açmıştır.

Dijitalleşme süreçleri bu yapısal dönüşümü hem işlevsel hem de deneyimsel açıdan yeniden biçimlendirmiştir. Bu dönüşüm sürecinde, fiziksel ve dijital dünyanın bir arada var olmasıyla ifade bulan "fijital" (phygital) ve "hibrit" (hybrid) mekân kavramları literatürde sıklıkla gündeme gelmektedir. Ancak sınırlarının net oarak ifade edilmediği ve çoğunlukla birbiri yerine kullanıldığı görülmektedir. Kavramsal çerçevenin sağlıklı biçimde kurulabilmesi için temel terimlerin ayrıştırılması zorunludur.

Fiziksel mekan,insanın doğa ve yapay çevre ile bedensel etkileşim kurduğu, üç boyutlu ve somut sınırları olan yaşam alanıdır. Djital ise bilişim ve iletişim teknolojilerinin sunduğu, kod tabanlı, fiziksel olmayan teknolojik yapıları ifade etmekdir. Hibrit mekân, fiziksel ve dijitalin eş zamanlı olarak var olduğu, ancak her iki katmanın da birbirini engellemeyerek özünü koruduğu düzenlemeleri tanımlamaktadır. Fijital mekânlar ise odağına "fiziksel dünyayı" alarak fiziksel ve dijitalin birbirinden ayrıştırılamaz biçimde bütünleştiği alanlardır. Bu alanlar, somut fiziksel çevreyi sensörler ve artırılmış gerçeklik gibi dijital katmanlarla doğrudan zenginleştirerek kullanıcıya sürükleyici, dinamik ve çoklu duyusal bir deneyim sunmayı hedefler. Dolayısıyla hibrit mekân, fiziksel mekânı dijital dünyaya doğru genişletirken fijital mekân dijital eklentilerle doğrudan fiziksel çevreyi zenginleştirmektedir. İki yaklaşımın etkileşimsel ve deneyimsel farklılıklarının henüz sistematik biçimde ele alınmamış olması araştırmanın temel problemidir.

Çalışmanın amacı, konut bağlamında fijital ve hibrit mekân yaklaşımlarını kullanıcı etkileşimi odağında karşılaştırmalı olarak analiz etmek ve iki kavram arasındaki temel ayrımları ortaya koymaktır. Çalışmada, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde kavramsal ve karşılaştırmalı analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda, öncelikle fijital ve hibrit mekân kavramları literatürdeki tanımlarıyla birlikte ele alınmış, ardından bu iki yaklaşım kullanıcı etkileşiminin niteliği, etkileşim nesneleri, esneklik biçimleri ve teknoloji bağımlılığı kriterleri çerçevesinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Fijital konut yaklaşımını temsil eden dijital teknoloji tabanlı örnekler ile hibrit konut yaklaşımını temsil eden fiziksel dönüşüm odaklı örnekler üzerinden karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Bu doğrultuda akıllı ev sistemleri, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) gibi teknolojilerin konut mekânında yarattığı değişimler irdelenmiştir. Beklenen bulgulara göre; hibrit mekânlar, fiziksel ve sanal alanların eşzamanlı bir arada bulunuşunu (coexistence) sağlarken; fijital mekânlar, dijital katmanların fiziksel mekâna entegre edilmesiyle doğrudan mekânla bütünleşik, sürükleyici (immersive) bir kullanıcı deneyimi sunmaktadır. Fijital yaklaşımların konut tasarımlarında mekânsal esnekliği, anlık kişiselleştirmeyi ve duyusal etkileşimin artırtığı; hibrit yaklaşımların ise konutu çalışma ve eğitim gibi dijital ağlar

[1] Işık Üniversitesi, zyaltan@hotmail.com

üzerinden dış dünyaya bağlayan bir arayüz işlevi gördüğü saptanmıştır. Bu çalışma, geleceğin akıllı konut tasarımlarında kullanıcı odaklı teknoloji entegrasyonunun doğru kurgulanabilmesi için mimarlara ve iç mimarlara kavramsal bir temel sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Fijital Mekân, Hibrit Mekân, Konut İç Mekânı, Kullanıcı Etkileşimi, Dijital Dönüşüm

Abstract

Digital transformation processes are reshaping residential interiors both functionally and experientially. The widespread adoption of remote work arrangements and smart home technologies in the post-pandemic period has led residential spaces to accommodate multi-layered and simultaneous modes of use. In this context, the concepts of "phygital" and "hybrid" spaces are increasingly present in the literature on architecture and interior design; however, they are often used interchangeably, creating conceptual ambiguity. In residential interiors, particularly in the post-Covid-19 period, the need for flexibility and multifunctionality has come to the forefront. Daily life routines conducted remotely after the pandemic have resulted in multi-layered and simultaneous modes of use. Digitalization processes have reshaped this structural transformation both functionally and experientially. Within this transformation process, the concepts of "phygital" and "hybrid" spaces, expressed through the coexistence of the physical and digital worlds, frequently appear in the literature. However, it is observed that their boundaries are not clearly defined and they are mostly used interchangeably. To establish a sound conceptual framework, it is essential to distinguish these fundamental terms.

Physical space is a three-dimensional living environment with tangible boundaries, where humans engage in bodily interaction with nature and the built environment. Digital refers to code-based, non-physical technological structures provided by information and communication technologies. Hybrid space describes arrangements where the physical and digital coexist simultaneously, with each layer preserving its essence without hindering the other. Phygital spaces, on the other hand, take the "physical world" as their focus, integrating the physical and digital into an inseparable whole. These spaces directly enrich the tangible physical environment with digital layers such as sensors and augmented reality, aiming to offer users an immersive, dynamic, and multi-sensory experience. Thus, while hybrid space extends physical space toward the digital world, phygital space directly enriches the physical environment with digital enhancements.

The absence of a systematic examination of the interactional and experiential differences between these two approaches constitutes the fundamental problem of this research. The aim of this study is to comparatively analyze phygital and hybrid space approaches within the context of residential interiors, focusing on user interaction, and to reveal the fundamental distinctions between the two concepts. In this study, conceptual and comparative analysis methods are employed within the framework of a qualitative research approach. Accordingly, first, the concepts of phygital and hybrid spaces are examined together with their definitions in the literature; subsequently, these two approaches are comparatively evaluated based on the criteria of the nature of user interaction, objects of interaction, forms of flexibility, and technological dependency. A comparative analysis is conducted using examples representing the phygital residential approach, based on digital technology, and examples representing the hybrid residential approach, focused on physical transformation.

In this context, the changes brought about by technologies such as smart home systems, the Internet of Things (IoT), Virtual Reality (VR), and Augmented Reality (AR) in residential spaces are examined. According to the expected findings, while hybrid spaces facilitate the simultaneous coexistence of physical and virtual realms, phygital spaces offer an immersive user experience integrated directly into the space through the embedding of digital layers into the physical environment. It has been observed that phygital approaches enhance spatial flexibility, real-time personalization, and sensory interaction in residential designs, whereas hybrid approaches function as an interface connecting the home to the outside world through digital networks for work and education. This study aims to provide a conceptual foundation for architects and interior designers to enable the accurate configuration of user-oriented technology integration in future smart home designs.

Keywords: Phygital Space, Hybrid Space, Residential Interior, User Interaction, Digital Transformation

DİJİTAL İLETİŞİM EKOSİSTEMİNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ YERLEŞİK KOD EDİTÖRLERİ VE İLETİŞİMSEL DÖNÜŞÜM

AI-ENABLED EMBEDDED CODE EDITORS AND COMMUNICATIVE TRANSFORMATION IN THE DIGITAL COMMUNICATION ECOSYSTEM

Arş. Gör. Arzu YAVUZ[1]
Zeynalabdin RAMAZANZADA[2]

Özet

Bu çalışma, yapay zekâ yerleşik kod editörlerini dijital iletişim ekosistemi içinde iletişimsel bir dönüşüm alanı olarak incelemektedir. Kod yazma pratiği çoğunlukla teknik bir üretim süreci olarak değerlendirilse de bu araştırma kod üretimini anlam üretimi, bilgi dolaşımı ve profesyonel etkileşim süreçlerini içeren bir iletişimsel pratik olarak ele almaktadır. **Bu yaklaşım, kodu yalnızca işlevsel değil kültürel bir üretim biçimi olarak konumlandırmaktadır.** Bu bağlamda Antigravity ve Cursor, insan–makine etkileşimini yapılandıran yapay zekâ yerleşik kod editörleri olarak çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır. Çalışma, Couldry ve Hepp'in (2020) derin medyalaşma (deep mediatization) yaklaşımından hareketle, dijital altyapıların toplumsal pratikleri nasıl yeniden yapılandırdığını tartışmaktadır. Derin medyalaşma perspektifi, iletişim süreçlerinin dijital teknolojiler tarafından yalnızca aracılanmadığını; aynı zamanda yapısal olarak dönüştürüldüğünü ileri sürmektedir. Bu çerçevede Antigravity ve Cursor, kod yazma pratiğini dijital altyapılarla bütünleşmiş medyalaşmış bir iletişim alanına dönüştüren aktörler olarak değerlendirilmektedir. Araştırma, Antigravity ve Cursor'a ilişkin platform dokümantasyonları, geliştirici forum tartışmaları ve kurumsal söylemler üzerinde gerçekleştirilen nitel bir eleştirel söylem analizine dayanmaktadır. Analiz, özellikle verimlilik, yaratıcılık, otomasyon ve uzmanlık kavramlarının bu editörler etrafında nasıl söylemsel olarak inşa edildiğini incelemektedir. Bununla birlikte, algoritmik öneri sistemlerinin karar alma süreçlerine nasıl entegre edildiği ve geliştiricinin öznel konumunu nasıl yeniden tanımladığı da analiz kapsamına dâhil edilmektedir. Sonuç olarak çalışma, yapay zekâ yerleşik kod editörlerinin yazılım geliştirme süreçlerini teknik bir etkinlik olmaktan çıkararak algoritmik olarak yönlendirilen, platform temelli ve hibrit bir iletişimsel pratiğe dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu dönüşüm, iletişimsel otoritenin yeniden dağıtılmasına, uzmanlık tanımının değişmesine ve bilgi üretiminde güç ilişkilerinin dijital altyapılar lehine yeniden konumlanmasına yol açmaktadır. Böylece yazılım geliştirme, yalnızca teknik değil toplumsal bir faaliyet olarak yeniden tanımlanmaktadır. Dolayısıyla Antigravity ve Cursor, dijital çağda iletişimsel pratiklerin derin medyalaşmasının somut örnekleri olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital İletişim, Derin Medyalaşma, Yapay Zekâ, Algoritmik Yönetişim, Dijital Emek

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, arzu.yavuz@bozok.edu.tr
[2] Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, zeynalaabi@gmail.com

Abstract

This study examines AI-enabled embedded code editors as a field of communicative transformation within the digital communication ecosystem. Although coding is often evaluated as a technical production process, this research approaches code production as a communicative practice that encompasses meaning-making, knowledge circulation, and professional interaction processes. This perspective positions code not merely as a functional output but as a cultural mode of production. In this context, Antigravity and Cursor constitute the sample of the study as AI-enabled embedded code editors that structure human–machine interaction. Drawing on Couldry and Hepp's (2020) concept of deep mediatization, the study discusses how digital infrastructures reconfigure social practices. The deep mediatization perspective argues that communication processes are not only mediated by digital technologies but also structurally transformed by them. Within this framework, Antigravity and Cursor are evaluated as actors that transform coding practices into a mediatized communicative field integrated with digital infrastructures. The research is based on a qualitative critical discourse analysis of platform documentation, developer forum discussions, and corporate discourses related to Antigravity and Cursor. The analysis specifically examines how concepts such as efficiency, creativity, automation, and expertise are discursively constructed around these editors. In addition, it explores how algorithmic recommendation systems are integrated into decision-making processes and how they redefine the subjective position of the developer. The findings demonstrate that AI-enabled embedded code editors transform software development from a purely technical activity into an algorithmically guided, platform-based, and hybrid communicative practice. This transformation leads to a redistribution of communicative authority, a redefinition of expertise, and a reconfiguration of power relations in knowledge production in favor of digital infrastructures. Accordingly, software development is redefined not only as a technical activity but also as a social practice. Thus, Antigravity and Cursor are evaluated as concrete examples of the deep mediatization of communicative practices in the digital age.

Keywords: Digital Communication, Deep Mediatization, Artificial Intelligence, Algorithmic Governance, Digital Labor

ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN SANAT EĞİTİMİNDE FELSEFİ SORGULAMA VE ESTETİK ELEŞTİRİSİ FELDMAN YÖNTEMİ VE P4C ENTEGRASYONUNUN SÜRDÜRÜLEBİRLİLİRLİĞİ

PHILOSOPHICAL INQUIRY AND AESTHETIC CRITICISM IN ART EDUCATION FOR GIFTED STUDENTS: THE SUSTAINABILITY OF FELDMAN'S METHOD AND P4C INTEGRATION

Rojda AKDEMİR[1]

Özet

Üstün yetenekli bireylerin potansiyellerini en üst seviyeye çıkarmayı amaçlayan eğitim programlarında, sanat eğitimi sıklıkla yalnızca teknik beceri ve el yetkinliği geliştirmeye odaklı bir alan olarak algılanmaktadır. Oysaki sanat, yalnizca estetik olayin dışavurum yöntemi olmanın ötesine geçip üst düzey bilişsel aşamaları, eleştirel düşünmeyi ve varoluşsal sorgulamaları barındıran stratejik bir disiplini yansıtmaktadır. Türkiye'de üstün yetenekli öğrencilere destek eğitimi veren Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM) bünyesindeki görsel sanatlar eğitimi inceleme altına alındığında, öğrencilerin teknik olgunluk, somut betimleme ve gerçekçi çizim konularında üstün performans sergiledikleri görülmektedir. Buna karşın, imgesel düşünme, soyutlama, kavramsal derinlik ve estetik yargı oluşturma aşamalarında, genel zihinsel yetenek alanındaki akranlarına kıyasla daha fazla desteğe ihtiyaç duydukları dikkat çekmektedir. Görsel sanatlar tanılı öğrencilerin teknik başarılarına rağmen, "sanatın önemi" veya "güzelliğin kaynağı" gibi felsefi temellendirme gerektiren durumlarda sınırlı bir kavramsal çerçeveye sahip olmaları, alandaki temel bir düşünsel boşluğa dikkati çekmektedir. Bu araştırma, sanat eğitimindeki söz konusu boşluğu kapatmak ve öğrencileri yalnızca "üreten" değil aynı zamanda "düşünen" bireyler haline getirmek amacıyla disiplinlerarası hibrit bir model önermektedir. Bu model, Edmund Burke Feldman'ın dört aşamalı (betimleme, çözümleme, yorumlama, yargı) sistematik sanat eleştirisi yöntemi ile Çocuklar İçin Felsefe (P4C) pedagojisinin entegrasyonuna dayanmaktadır. İlgili literatür, değerlendirme çalışmaları ve güncel lisansüstü tezlerin sentezlendiği araştırmada hipotetik düşünme ve sokratik sorgulama yöntemlerinin sanatsal yaratıcılığı üzerine yansımaları incelenmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalar, Feldman'ın eleştiri yönteminin P4C oturumlarıyla desteklendiği durumlarda, öğrencilerin yaratıcılığın temel alt boyutları olan akıcılık, esneklik ve orijinallik puanlarında anlamlı artışlar kaydettiklerini ortaya koymaktadır. Özellikle P4C yönteminin sağladığı güvenli sorgulama ortamı, öğrencilerin sanat eserlerine yönelik beğeni aşamasındaki öznel ve yüzeysel yaklaşımlarını, estetik ölçütlere dayalı, mantıksal ve gerekçelendirilmiş estetik yargı aşamasına taşımaktadır. Ayrıca bu bütünleşmenin, görsel sanatlar öğrencilerinin proje tabanlı çalışmalarında sürekli yaşadıkları bilimsel araştırma yöntemlerini sanata adaptasyon sorununun çözümüne de katkıda bulunduğu tespit edilmektedir. Sonuç olarak bu araştırma, BİLSEM sanat müfredatlarının salt teknik atölye uygulamalarıyla sınırlı kalmayıp felsefi sorgulama modülleriyle zenginleştirilmesini ve bu sayede öğrencilerin çok katmanlı düşünme becerilerinin kalıcı bir şekilde geliştirilmesini savunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Üstün Yetenekliler Eğitimi, Sanat Eğitimi, P4C Çocuklar İçin Felsefe, Feldman Sanat Eleştirisi, BİLSEM, Estetik Sorgulama.

[1] Dicle Üniversitesi, 259661006@ogr.dicle.edu.tr

Abstract

In educational programs aiming to maximize the potential of gifted individuals, art education is often reduced to developing technical skills and manual dexterity. However, beyond being merely a field of aesthetic expression, art is a strategic discipline that involves higher-order cognitive processes, critical thinking, and existential inquiry. An examination of visual arts practices within Science and Art Centers (BİLSEM), which provide support education to gifted students in Turkey, reveals that students exhibit high performance in technical maturity and realistic depiction. Conversely, it is noteworthy that they require greater support in processes such as imaginative thinking, abstraction, conceptual depth, and the formation of aesthetic judgments. Their limited conceptual framework regarding questions requiring philosophical grounding, such as "the importance of art" or "the source of beauty," points to an intellectual gap.

To address this gap, this research proposes an interdisciplinary hybrid model integrating Edmund Burke Feldman's four-stage art criticism method (description, analysis, interpretation, judgment) with Philosophy for Children (P4C) pedagogy. Based on a synthesis of literature, field studies, and graduate theses, the research examines the effects of hypothetical thinking and Socratic questioning on artistic creativity. The findings reveal that when Feldman's method is supported by P4C sessions, students demonstrate significant increases in fluency, flexibility, and originality, which are sub-dimensions of creativity. Furthermore, this integration transforms subjective taste into justified aesthetic judgment and facilitates the adaptation of scientific methods to art in project-based studies. Consequently, it is recommended that BİLSEM art curricula be strengthened with philosophical inquiry modules.

Keywords: Gifted and Talented Education, Art Education, P4C Philosophy for Children, Feldman's Art Criticism, BİLSEM (Science and Art Centers), Aesthetic Inquiry

TÜBİTAK 2209-A/B ÖĞRENCİ PROJELERİ – TAM METİN BİLDİRİLER

ANDROİD ZARARLI YAZILIM TESPİTİNDE YAPAY ARI KOLONİSİ TABANLI EŞZAMANLI ÖZELLİK SEÇİMİ VE HİPERPARAMETRE OPTİMİZASYONU

MULTI-OBJECTIVE FEATURE SELECTION AND HYPERPARAMETER OPTIMIZATION BASED ON ARTIFICIAL BEE COLONY FOR ANDROID MALWARE DETECTION

Mehmet Şakir Kurt[1]
Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ÖZTÜRK[2]

Özet

Bu çalışmada, Android zararlı yazılım tespitinde özellik seçimi ile hiperparametre ayarını aynı arama uzayında çözen Yapay Arı Kolonisi (ABC) tabanlı bir optimizasyon çerçevesi sunulmaktadır. Çalışma, CICMalDroid2020 tabanlı 11.526 örnek ve 470 davranışsal özellik içeren dinamik veri kümesi üzerinde Random Forest, XGBoost, LightGBM, Destek Vektör Makineleri ve Çok Katmanlı Algılayıcı modelleri ile yürütülmüştür. Uygunluk fonksiyonu Macro-F1 ve Matthews Korelasyon Katsayısını yükseltirken seçilen özellik oranını ve hesaplama maliyetini cezalandırmaktadır. Deneyler sonunda modellerin kullandığı özellik sayısı ortalama 237,6'ya düşmüş, yani yaklaşık %49,45 oranında azaltılmıştır. En iyi sonuç, 243 özellik kullanan XGBoost modelinde %94,97 doğruluk, %94,22 Macro-F1 ve 0,9347 MCC ile elde edilmiştir. Bulgular, ortak optimizasyon yaklaşımının yüksek boyutlu Android güvenlik verilerinde etkili ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Android zararlı yazılım, yapay arı kolonisi, özellik seçimi, hiperparametre optimizasyonu, makine öğrenmesi*

[1] Kayseri Üniversitesi, 25403291015@kayseri.edu.tr
[2] Kayseri Üniversitesi, nurullahozturk@kayseri.edu.tr

Abstract

This study proposes an Artificial Bee Colony (ABC)-based optimization framework that solves feature selection and hyperparameter tuning within a unified search space for Android malware detection. The experiments were conducted on a CICMalDroid2020-based dynamic dataset containing 11,526 samples and 470 behavioral features by using Random Forest, XGBoost, LightGBM, Support Vector Machine, and Multi-Layer Perceptron models. The fitness function rewards Macro-F1 and Matthews Correlation Coefficient while penalizing feature usage and computational cost. The optimized models reduced the average number of selected features to 237.6, corresponding to a 49.45% reduction. The best result was achieved by XGBoost with 94.97% accuracy, 94.22% Macro-F1, and 0.9347 MCC using 243 features. The findings show that joint optimization is a practical and effective strategy for high-dimensional Android security data.

Keywords: *Android malware, artificial bee colony, feature selection, hyperparameter optimization, machine learning*

1. Giriş

Android ekosistemi, açık yapısı ve geniş uygulama pazarı nedeniyle mobil zararlı yazılımlar için en yoğun hedeflerden biridir. Bu nedenle imza tabanlı yaklaşımların tek başına yeterli olmadığı, davranışsal sinyalleri kullanan veri odaklı yöntemlerin daha güçlü bir seçenek sunduğu kabul görmektedir (Arp vd., 2014: s.1; Mahdavifar vd., 2020: s.515; Mehrabi Koushki vd., 2022: s.16).

Makine öğrenmesi tabanlı Android zararlı yazılım tespitinde temel sorunlardan biri, özellik uzayının çok büyük olmasıdır. Dinamik analizden elde edilen API çağrıları, sistem çağrıları, dosya erişimleri ve ağ davranışları yüzlerce değişken üretebilmekte; bu da hem eğitim süresini hem de kullanım maliyetini artırmaktadır. Bu nedenle yalnızca yüksek doğruluk değil, daha az özellikle çalışan kompakt modeller de önem kazanmaktadır.

Literatürde özellik seçimi ile hiperparametre optimizasyonu çoğu zaman ayrı süreçler olarak ele alınmaktadır. Oysa kullanılan özellik kümesi değiştiğinde en uygun hiperparametreler de değişebilmektedir. Binder vd. (2020: s.471), bu iki kararın birlikte ele alınmasının daha dengeli çözümler üretebildiğini göstermektedir. Android zararlı yazılım tespiti alanında ise bu ortak arama yaklaşımı hâlâ sınırlıdır.

Bu çalışmada Karaboğa (2005: s.1) tarafından önerilen Yapay Arı Kolonisi algoritması, davranışsal özellik seçimi ile model hiperparametrelerini tek çözüm vektörü içinde birlikte optimize edecek biçimde uyarlanmıştır. Amaç, Macro-F1 ve Matthews Korelasyon Katsayısı'nı (MCC) korurken seçilen özellik oranını ve hesaplama maliyetini azaltmaktır. Çalışmanın katkısı; beş farklı sınıflandırıcı için ortak bir ABC çatısı kurması, sonuçları başarı ve maliyet birlikte değerlendirmesi ve modele duyarlı özellik alanlarının daha gerçekçi olduğunu göstermesidir.

2. Kavramsal Çerçeve ve İlgili Çalışmalar

2.1. Android zararlı yazılım tespitinde özellik boyutu ve temsil sorunu

Android zararlı yazılım tespiti çalışmalarında statik ve dinamik analiz iki temel çizgiyi oluşturmaktadır. İlk dönem davranış temelli çalışmalar arasında Crowdroid ve Andromaly yer alırken, daha sonra DroidAPIMiner ve DREBIN gibi büyük ölçekli statik yaklaşımlar öne çıkmıştır (Burguera vd., 2011: s.15; Shabtai vd., 2012: s.161; Aafer vd., 2013: s.86; Arp vd., 2014: s.1). MaMaDroid, API çağrı dizilerini daha dayanıklı bir temsil ile modellemeye çalışmıştır (Mariconti vd., 2017: s.1).

Dinamik ve hibrit çizgide Afonso vd. (2015: s.9), DroidCat, DL-Droid ve CICMalDroid2020 tabanlı çalışmalar daha zengin davranış kayıtlarıyla güçlü sonuçlar vermiştir (Afonso vd., 2015: s.9; Cai vd., 2019: s.1455; Alzaylaee vd., 2020: s.101663; Mahdavifar vd., 2020: s.515). Bu literatür, dinamik sinyallerin Android zararlı yazılım analizi için güçlü bir temel sunduğunu göstermektedir.

Ancak yüksek boyutlu veri eğitim maliyetini artırmakta, gürültü üretmekte ve modelin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Mehrabi Koushki vd. (2022: s.16), veri hazırlama, özellik seçimi ve model ayarı kararlarının çoğu çalışmada birbirinden kopuk ilerlediğini vurgulamaktadır. Bu nedenle özellik seçimi yalnızca boyut indirgeme değil, aynı zamanda maliyet ve yorumlanabilirlik problemidir.

2.2. Özellik seçimi literatürü ve ortak arama boşluğu

Android güvenliği bağlamında önemli soru yalnızca hangi sinyallerin yararlı olduğu değil, bu sinyallerin nasıl seçildiğidir. Çünkü ağaç tabanlı modeller, çekirdek yöntemleri ve sinir ağları aynı özellik kümelerinden aynı ölçüde yararlanmaz.

Android zararlı yazılım literatüründe özellik seçimi çoğu zaman filtreleme veya sıralama tabanlı ayrı bir ön adım olarak uygulanmaktadır. PermDroid bu çizginin güncel örneklerinden biridir; daha az değişkenle daha yüksek başarı elde edilebileceğini göstermiş, ancak özellik seçimi ile model ayarlarını aynı arama uzayında çözmemiştir (Mahindru vd., 2024: s.10724). Binder vd. (2020: s.471) ise genel makine öğrenmesi bağlamında bu iki kararın birlikte düşünülmesi gerektiğini göstermektedir. Çalışmamız bu boşluğa odaklanmaktadır.

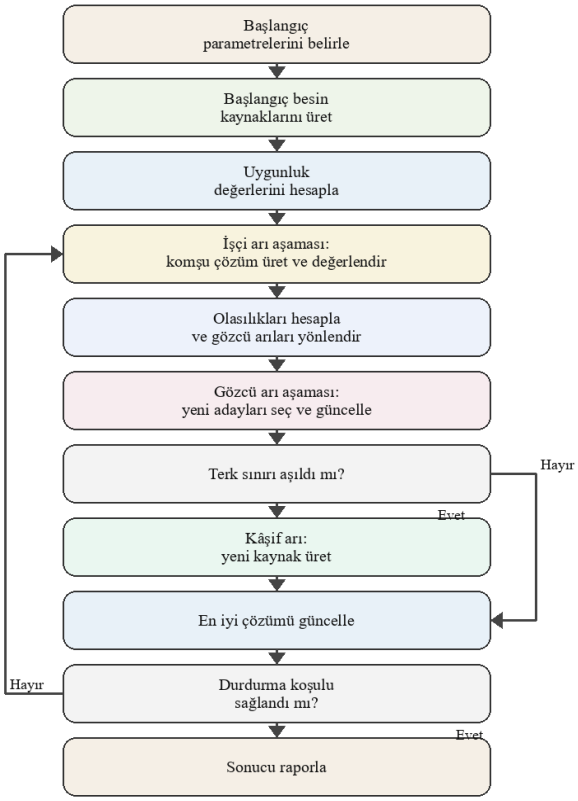
2.3. Yapay arı kolonisi ve ortak optimizasyon yaklaşımı

Yapay Arı Kolonisi algoritması, işçi arılar, gözcü arılar ve kâşif arılar üzerinden çalışan popülasyon tabanlı bir sezgisel arama yaklaşımıdır (Karaboğa, 2005). İşçi arılar mevcut çözüm bölgelerini iyileştirmeye çalışır, gözcü arılar uygunluk değerine göre umut verici kaynaklara yönelir, kâşif arılar ise tıkanan arama bölgelerini terk ederek yeni adaylar üretir. Bu yapı, sürekli uzaylarda etkili bir denge kurduğu için farklı optimizasyon problemlerine uyarlanabilmektedir.

Bu çalışmada ABC'nin önemli avantajı, karma çözüm vektörlerini işleyebilmesidir. Çözümün bir bölümü özellik maskesi olarak, diğer bölümü ise model hiperparametreleri olarak yorumlanmıştır. Böylece arama süreci tek adımda hem "hangi özellikler kullanılmalı?" hem de "bu özelliklerle model nasıl yapılandırılmalı?" sorularını birlikte cevaplamaktadır. Bu ortak arama mantığı, özellik kümesi değiştiğinde hiperparametrelerin de yeniden uyumlanması gerektiği düşüncesine dayanmaktadır.

Kullanılan sınıflandırıcılar, Android güvenlik literatüründe yaygın ve birbirinden yapısal olarak farklı yöntemleri temsil etmektedir. Random Forest, rastgele alt örnekleme ve çoklu karar ağaçları üzerinden güçlü bir topluluk öğrenme çerçevesi sunmaktadır (Breiman, 2001: s.5). XGBoost ve LightGBM, gradyan artırmalı ağaç mimarisini farklı mühendislik iyileştirmeleriyle ölçekleyen iki güçlü yaklaşımdır (Chen ve Guestrin, 2016: s.785; Ke vd., 2017: s.3146). Destek Vektör Makineleri sınıf sınırını marjini maksimize edecek şekilde kurarken (Cortes ve Vapnik, 1995: s.273), Çok Katmanlı Algılayıcı doğrusal olmayan örüntüleri katmanlı temsil öğrenmesi ile modellemektedir. Bu çeşitlilik, ortak optimizasyon yaklaşımının model ailesine göre nasıl davrandığını gözlemlemek açısından uygundur.

ABC algoritmasının temel işlem adımları Şekil 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Yapay Arı Kolonisi algoritmasının temel akışı (Karaboğa, 2010: s.6915 temel alınarak yazar tarafından yeniden çizilmiştir).

3. Araştırma Yöntemi

3.1. Veri seti ve ön işleme süreci

Çalışmada kullanılan veri kümesi, CICMalDroid2020 tabanlı dinamik özellik dosyasından elde edilmiştir. Veri kümesinde toplam 11.526 örnek ve 470 sayısal davranışsal özellik bulunmaktadır. Hedef değişken Class alanı olup beş sınıf içermektedir. Mevcut kod tabanında veri yükleme sürecinde tamamen boş satırlar çıkarılmış, yinelenen kayıtlar temizlenmiş ve tüm özellikler sayısal biçime zorlanmıştır. Eksik değerler daha sonra model türüne göre medyan ile doldurulmuştur.

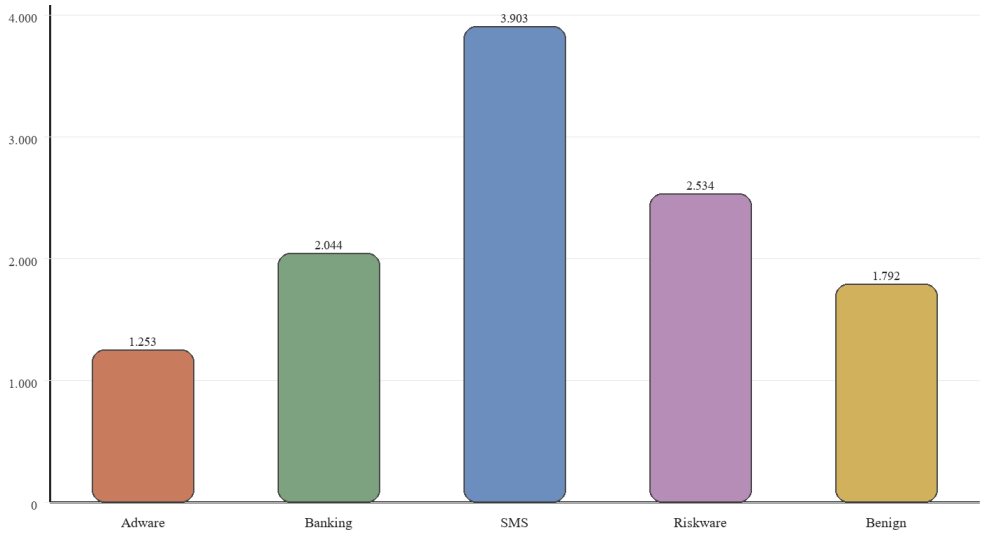
Ön işleme adımı model ailesine göre farklılaştırılmıştır. Ağaç tabanlı sınıflandırıcılar için yalnızca medyan atama yeterli görülmüştür. Destek Vektör Makineleri ve Çok Katmanlı Algılayıcı için ise medyan atamaya ek olarak standartlaştırma uygulanmıştır. Bu tercih, kod tabanındaki işlem hattı ile uyumludur; çünkü özellikle SVM ve MLP, ölçek farklılıklarına ağaç tabanlı modellere kıyasla daha duyarlıdır. Veri sızıntısını (data leakage) önlemek amacıyla tüm ön işleme adımları Scikit-Learn Pipeline yapısı içerisine entegre edilmiş; medyan atama ve standartlaştırma parametreleri yalnızca ilgili eğitim alt kümeleri üzerinden öğrenilerek (fit) test kümelerine aktarılmıştır (transform).

Deneysel kurulum Tablo 1'de özetlenmiştir. Dış test oranı %20 olarak belirlenmiş, eğitim bölümünün kendi içinde %20'lik bir doğrulama alt kümesi oluşturulmuştur. ABC aramasının maliyetini sınırlamak için dış eğitim verisinin %70'lik bölümü arama sırasında kullanılmış; en iyi çözüm bulunduğunda model dış eğitim kümesinin tamamı üzerinde yeniden eğitilerek ayrılmış test kümesinde değerlendirilmiştir. Tüm süreçlerde rastgelelik değeri 42 olarak sabitlenmiştir. ABC algoritmasının popülasyon büyüklüğü ve iterasyon sayısı (10) başlangıçta düşük görünebilir; ancak bu tercih, her bir aday çözümün değerlendirilmesinde modelin tüm dış eğitim alt kümesi üzerinde eğitilmesinin getirdiği yüksek hesaplama maliyetini (özellikle SVM ve MLP için) dengede tutmak amacıyla yapılmıştır. Algoritma süresince kâşif arılarla birlikte minimum 210 uygunluk değerlendirmesi (fitness evaluation) yapılmıştır. Amaç küresel optimumu (global optimum) bulmaktan ziyade, kabul edilebilir bir hesaplama maliyeti sınırları içerisinde yüksek doğruluklu yerel (local) çözümler üretmektir.Yüksek boyutlu özellik uzayına rağmen, elitizm ve Pareto arşivi kullanımı sayesinde algoritmanın bu kısıtlı arama bütçesiyle dahi anlamlı yakınsamalar üretebildiği gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Veri kümesi ve deneysel kurulum özeti

Bileşen	**Değer**
Veri kümesi	CICMalDroid2020 tabanlı dinamik CSV
Örnek sayısı	11.526
Özellik sayısı	470
Sınıf sayısı	5
Dış test oranı	0,20
İç doğrulama oranı	0,20
ABC popülasyon büyüklüğü	10
ABC iterasyon sayısı	10
Scout sınırı	5
Özellik eşiği	0,50
Asgari seçilen özellik	10
Özellik ceza ağırlığı	0,15
Maliyet ceza ağırlığı	0,10

Temizleme işlemleri sonrasında veri kümesinde toplam 11.526 örnek kalmıştır. Sınıf dağılımı tam dengeli değildir; SMS sınıfı 3.903 örnek ile en büyük grubu oluştururken, Adware sınıfı 1.253 örnek ile en küçük gruptur. Eğitim aşamasında veri seviyesinde ek bir sentetik artırma (örneğin SMOTE) uygulanmamış, bunun yerine değerlendirme ve uygunluk fonksiyonu aşamalarında ağırlıklı metrikler (Macro-F1, MCC) kullanılarak sınıf dengesizliğinin model güncellemelerine yön vermesi sağlanmıştır. Temizlenmiş veri kümesinin sınıf dağılımı Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Temizlenmiş CICMalDroid2020 tabanlı veri kümesinin sınıf dağılımı.

3.2. Önerilen ABC tabanlı optimizasyon çerçevesi

Önerilen çözümde her aday birey iki bölümden oluşmaktadır: 470 boyutlu özellik vektörü ve modele özgü hiperparametre vektörü. Özellik bölümünde 0,50 eşik değerinin üzerindeki bileşenler seçili kabul edilmiş; çok az özellik seçilen çözümlerde en yüksek değerlere sahip en az 10 özellik zorunlu tutulmuştur. Hiperparametre bölümü ise Random Forest, XGBoost, LightGBM, SVM ve MLP için farklı uzunlukta tanımlanmıştır.

Uygunluk fonksiyonu başarı ve maliyet arasında açık bir denge kuracak biçimde tasarlanmıştır. Performans terimi olarak Macro-F1 ile MCC toplamı kullanılmış; seçilen özellik oranı ve eğitim-tahmin maliyeti ceza terimleri olarak eklenmiştir. Kullanılan skorlama yapısı Denklem (1)'de verilmiştir.

$$\text{Score} = (\text{MacroF1} + \text{MCC}) - (\text{w_feat} \times \text{ratio_feat}) - (\text{w_cost} \times \text{cost_norm}) \quad (1)$$

Burada ratio_feat, seçilen özellik sayısının toplam özellik sayısına oranını; cost_norm ise eğitim ve tahmin sürelerinin normalize edilmiş birleşik maliyetini göstermektedir. ABC araması bu skoru en yüksek yapacak şekilde yürütülmüş, ayrıca tek çözüm yerine dengeli adayları saklayan bir Pareto arşivi tutulmuştur. Deneylerde özellik oranı ceza katsayısı 0,15 ve maliyet ceza katsayısı 0,10 olarak belirlenmiştir. Her ne kadar analizler için bir Pareto arşivi tutulmuş olsa da, Tablo 2'de raporlanan nihai modeller bu ağırlıklandırılmış tekil uygunluk skorunu maksimize eden en iyi çözümler arasından seçilmiştir.

3.3. Sınıflandırıcılar ve arama uzayı

Random Forest, XGBoost ve LightGBM için ağaç sayısı, derinlik ve örnekleme parametreleri; SVM için çekirdek tipi, C, gamma ve derece; MLP için ise gizli katman yapısı, alpha, öğrenme oranı ve mini yığın büyüklüğü optimize edilmiştir. Böylece aynı veri üzerinde ağaç tabanlı, çekirdek tabanlı ve sinir ağı tabanlı modeller karşılaştırılabilir hâle getirilmiştir.

3.4. Deneysel kurulum ve değerlendirme ölçütleri

Başarım değerlendirmesinde doğruluk, Macro-F1, Weighted-F1, dengeli doğruluk, MCC, seçilen özellik sayısı ve süre odaklı maliyetler birlikte raporlanmıştır. Sınıf dağılımı tam dengeli olmadığından özellikle Macro-F1 ve MCC yorumlamanın merkezine alınmıştır. Optimizasyon süresi ABC arama aşamasını, toplam süre ise uçtan uca maliyeti ifade etmektedir.

4. Bulgular

4.1. Deneysel sonuçların genel görünümü

Tablo 2, ABC tabanlı ortak optimizasyon sonrasında elde edilen nihai test sonuçlarını göstermektedir. En yüksek doğruluk ve Macro-F1 değeri XGBoost modelinde elde edilmiştir. LightGBM en küçük özellik kümesini seçmiş, Random Forest ise düşük optimizasyon maliyetiyle güçlü bir alternatif sunmuştur.

Tablo 2. ABC tabanlı nihai model sonuçları

Model	Doğruluk	Macro-F1	Weighted-F1	MCC	Dengeli doğruluk	Seçilen özellik	Optimizasyon süresi (sn)
XGBoost	0,9497	0,9422	0,9496	0,9347	0,9424	243	444,28
LightGBM	0,9493	0,9394	0,9494	0,9342	0,9425	233	668,29
Random Forest	0,9484	0,9388	0,9486	0,9334	0,9433	240	253,23
MLP	0,9050	0,8855	0,9047	0,8765	0,8838	236	2020,61
SVM	0,8820	0,8587	0,8819	0,8473	0,8604	236	430,86

Sonuçlar üç temel noktaya işaret etmektedir. İlk olarak, ağaç tabanlı topluluk yöntemleri yüksek boyutlu dinamik Android verisinde en istikrarlı performansı üretmiştir. İkinci olarak, tüm modeller yaklaşık aynı bantta, ortalama 237,6 özellikle çalışacak biçimde sadeleşmiştir. Üçüncü olarak, optimizasyon süresi model ailesine göre ciddi biçimde değişmiştir; MLP doğrulukta da maliyette de geride kalmıştır. XGBoost ise başarı ve karmaşıklık dengesi bakımından en güçlü model olmuştur.

4.2. Başlangıç modelleri ile karşılaştırma

ABC tabanlı ortak optimizasyonun gerçek etkisini görmek için nihai sonuçlar, tüm özelliklerin kullanıldığı başlangıç modelleri ile karşılaştırılmıştır. Tablo 3, bu etkilerin modelden modele değiştiğini ancak çoğu durumda belirgin kazanımlar üretildiğini göstermektedir.

Tablo 3. Başlangıç modellerine göre değişim

Model	Doğruluk farkı	Macro-F1 farkı	MCC farkı	Özellik azaltımı (%)
XGBoost	+0,0139	+0,0167	+0,0180	48,30
LightGBM	-0,0147	-0,0172	-0,0191	50,43
RandomForest	+0,0252	+0,0277	+0,0328	48,94
MLP	+0,0091	+0,0125	+0,0121	49,79
SVM	+0,3664	+0,4287	+0,4445	49,79

Tablo 3, ortak optimizasyonun özellikle SVM ve Random Forest için belirgin yarar sağladığını göstermektedir. SVM'deki büyük artış, bu modelin doğru ölçekleme, çekirdek seçimi ve uygun özellik kümesine güçlü biçimde bağlı olduğunu göstermektedir. SVM modelinde ABC optimizasyonu sonrasında gözlemlenen devasa performans artışı (+%36,64), başlangıç (baseline) modelinde varsayılan olarak atanan polinom (poly) çekirdeğin yüksek boyutlu özellik uzayında yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır. ABC algoritmasının gereksiz özellikleri budayarak arama uzayında çekirdek tipi, C ve gamma gibi parametreleri modele özgü olarak yeniden uyarlaması, SVM'in bu başlangıç konfigürasyonundaki uyumsuzluğunu başarıyla gidererek performansta büyük bir sıçramaya zemin hazırlamıştır. LightGBM ise en küçük özellik kümesini seçmesine rağmen başlangıç sürümünün biraz altında kalmıştır. Bu durum, ortak optimizasyonun her modelde tek yönlü performans artışı üretmediğini; ancak çoğu modelde daha verimli çözümler sunabildiğini göstermektedir. LightGBM'in performansındaki minör düşüşün, bu modelin doğası gereği yüksek özellik boyutlarında (gürültülü de olsa) histogram tabanlı bölünmelerle bilgiyi daha agresif çıkarabilme yeteneğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Modelin, arama uzayında %50'nin üzerinde bir özellik kesintisine uğraması, taban performansını bir miktar sınırlandırmış olsa da hesaplama maliyeti bakımından çok daha kompakt bir yapı ortaya çıkarmıştır.

4.3. Özellik azaltımı ve sınıfları ayırt etme davranışı

Tüm modellerde seçilen özellik sayısının 233 ile 243 arasında toplanması, algoritmaların farklı yollarla benzer karmaşıklık düzeylerine yöneldiğini göstermektedir. Ortalama %49,45'lik azaltım, veri toplama ve tahmin sırasında işlenecek değişken sayısını yarı yarıya düşürmektedir. Tekrar seçilen özellikler çoğunlukla kişisel bilgi erişimi, dosya sistemi, ağ davranışı ve cihaz servisleriyle ilişkilidir. Bununla birlikte ortak seçilen özellik sayısı sınırlıdır; bu da tek bir evrensel "en iyi" kümeden çok, modele uyumlu özellik alanlarının daha anlamlı olduğunu göstermektedir.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Android zararlı yazılım tespiti için Yapay Arı Kolonisi tabanlı ortak optimizasyon yaklaşımı önerilmiş ve dinamik özellik uzayında beş farklı sınıflandırıcı üzerinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar, özellik seçimi ile hiperparametre optimizasyonunun birlikte ele alınmasının daha tutarlı çözümler üretebildiğini göstermektedir.

XGBoost ve Random Forest sonuçları, yarıya yakın boyut indirgeme ile başarı artışının aynı anda mümkün olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, DroidCat, DL-Droid ve CICMalDroid2020 çizgisiyle uyumludur; ancak bu çalışma yüksek başarıyı yaklaşık %50 özellik azaltımıyla birlikte elde etmesi bakımından ayrılmaktadır (Cai vd., 2019: s.1455; Alzaylaee vd., 2020: s.101663; Mahdavifar vd., 2020: s.515). Ayrıca PermDroid gibi güncel çalışmalar özellik azaltımının yararını gösterirken, burada aynı karar alanına model ayarları da dahil edilmiştir (Mahindru vd., 2024: s.10724).

Yaklaşık %50 özellik azaltımı; daha kısa eğitim süresi, daha düşük bellek tüketimi ve daha az hesaplama yükü anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, donanımsal kısıtlar nedeniyle deneyler tek bir rastgelelik tohumu (seed=42) ve tek bir eğitim-test bölünmesi ile yürütülmüş olup, algoritmik stokastikliğin etkilerini sönümleyecek K-katlı çapraz doğrulama (K-fold CV) uygulanamamıştır. Gelecek çalışmalarda sonuçların genellenebilirliğini artırmak için çoklu koşular yapılması; özellik seçimi ile hiperparametre optimizasyonunun bireysel performans katkılarını tam yalıtmak amacıyla ablasyon (ablation) testlerinin uygulanması ve daha gelişmiş açıklanabilirlik analizlerinin sürece dahil edilmesi hedeflenmektedir.

5.1. Teorik ve yönetimsel çıkarımlar

Teorik açıdan bu çalışma, Android zararlı yazılım tespitinde yüksek boyutlu özellik uzayının getirdiği karmaşıklığı azaltmak üzere Yapay Arı Kolonisi (ABC) algoritmasının potansiyelini ortaya koymaktadır. Literatürde genellikle özellik seçimi ve hiperparametre optimizasyonu birbirinden bağımsız adımlar olarak ele alınırken, bu araştırmada her iki sürecin ortak bir uygunluk fonksiyonu altında değerlendirilmesi, dinamik analiz verilerinin modellenmesinde daha bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

Yönetimsel açıdan ise elde edilen bulgular, siber güvenlik sektörü, siber tehdit istihbaratı uzmanları ve antivirüs geliştiricileri için gerçek dünya uygulamalarına yönelik pratik sonuçlar barındırmaktadır. Zararlı yazılım tespit modellerinin ihtiyaç duyduğu özellik (boyut) sayısının %50'ye varan oranlarda azaltılması; mobil cihazlar gibi donanım, pil ve bellek kısıtı olan uç noktalarda (endpoint) veya sunucu tabanlı devasa ağ trafiği analizlerinde daha hafif, hızlı ve maliyet-etkin sistemlerin inşa edilmesini mümkün kılmaktadır.

Kaynakça

Aafer, Y., Du, W. ve Yin, H. (2013). "DroidAPIMiner: Mining API-Level Features for Robust Malware Detection in Android". *Security and Privacy in Communication Networks* (ss. 86-103). Cham: Springer.

Afonso, V. M., de Amorim, M. F., Grégio, A. R. A., Junquera, G. B. ve de Geus, P. L. (2015). "Identifying Android malware using dynamically obtained features". *Journal of Computer Virology and Hacking Techniques*, 11(1): 9-17.

Alzaylaee, M. K., Yerima, S. Y. ve Sezer, S. (2020). "DL-Droid: Deep learning based Android malware detection using real devices". *Computers & Security*, 89: 101663.

Arp, D., Spreitzenbarth, M., Hubner, M., Gascon, H., Rieck, K. ve Siemens, C. E. R. T. (2014). "Drebin: Effective and explainable detection of android malware in your pocket". *NDSS (Network and Distributed System Security Symposium)*, 14(1): 23-26.

Binder, M., Moosbauer, J., Thomas, J. ve Bischl, B. (2020). "Multi-Objective Hyperparameter Tuning and Feature Selection using Filter Ensembles". *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference* (ss. 471-479). New York: ACM.

Breiman, L. (2001). "Random forests". *Machine Learning*, 45(1): 5-32.

Burguera, I., Zurutuza, U. ve Nadjm-Tehrani, S. (2011). "Crowdroid: behavior-based malware detection system for Android". *Proceedings of the ACM Workshop on Security and Privacy in Smartphones and Mobile Devices* (ss. 15-26). Chicago: ACM.

Cai, H., Meng, N., Ryder, B. ve Yao, D. (2019). "DroidCat: Effective Android Malware Detection and Categorization via App-Level Profiling". *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 14(6): 1455-1470.

Chen, T. ve Guestrin, C. (2016). "XGBoost: A scalable tree boosting system". *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (ss. 785-794). San Francisco: ACM.

Cortes, C. ve Vapnik, V. (1995). "Support-vector networks". *Machine Learning*, 20(3): 273-297.

Karaboğa, D. (2005). *An idea based on honey bee swarm for numerical optimization* (Technical Report-TR06). Kayseri: Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department.

Karaboğa, D. (2010). "Artificial bee colony algorithm". *Scholarpedia*, 5(3): 6915.

Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q. ve Liu, T.-Y. (2017). "LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree". *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30: 3146-3154.

Mahdavifar, S., Kadir, A. F. A., Fatemi, R., Alhadidi, D. ve Ghorbani, A. A. (2020). "Dynamic android malware category classification using semi-supervised deep learning". *2020 IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing* (ss. 515-522). IEEE.

Mahindru, A., Arora, H., Kumar, A., Gupta, S. K., Mahajan, S., Kadry, S. ve Kim, J. (2024). "PermDroid a framework developed using proposed feature selection approach and machine learning techniques for Android malware detection". *Scientific Reports*, 14: 10724.

Mariconti, E., Onwuzurike, L., Andriotis, P., De Cristofaro, E., Ross, G. ve Stringhini, G. (2017). "MaMaDroid: Detecting Android Malware by Building Markov Chains of Behavioral Models". *Proceedings of the Network and Distributed System Security Symposium* (ss. 1-15). San Diego: Internet Society.

Mehrabi Koushki, M., AbuAlhaol, I., Raju, A. D., Zhou, Y., Giagone, R. S. ve Shengqiang, H. (2022). "On building machine learning pipelines for Android malware detection: a procedural survey of practices, challenges and opportunities". *Cybersecurity*, 5(1): 16.

Shabtai, A., Kanonov, U., Elovici, Y., Glezer, C. ve Weiss, Y. (2012). "Andromaly: A behavioral malware detection framework for android devices". *Journal of Intelligent Information Systems*, 38(1): 161-190.

GELENEKSEL İLLÜSTRASYONDAN YAPAY ZEKA DESTEKLİ ÜRETİME: HİBRİT GÖRSEL ANLATILARIN DÖNÜŞÜMÜ

FROM TRADITIONAL ILLUSTRATION TO AI-POWERED PRODUCTION: THE TRANSFORMATION OF HYBRİD VISUAL NARRATİVES

Seval TOPVAL[1]
Dr. Öğr. Üyesi Sofya Cihan CANBOLAT[2]

Özet

Bu araştırma, geleneksel illüstrasyon teknikleri ile üretken yapay zekâ araçlarının birlikte kullanıldığı hibrit görsel üretim süreçlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Dijital dönüşümün sanat ve tasarım alanındaki etkileri doğrultusunda, yapay zekâ yalnızca teknik bir araç olarak değil, yaratıcı sürece katkı sağlayan ortak bir üretici olarak ele alınmaktadır. Çalışmada, geleneksel çizim ve illüstrasyon yöntemlerini yapay zekâ destekli dijital üretim süreçleriyle bütünleştiren sanatçıların üretim pratikleri; başlangıç eskizleri, yapay zekâ ile oluşturulan görsel varyasyonlar, stil dönüşümleri, kompozisyon geliştirme ve dijital sonlandırma aşamaları üzerinden analiz edilmektedir. Elde edilen bulgular, hibrit üretim anlayışının yalnızca teknik bir birleşimi ifade etmediğini; estetik, anlatısal ve yöntemsel açıdan yeni üretim olanakları sunduğunu göstermektedir. Geleneksel çizim süreçlerinin yapay zekâ ile desteklenmesi, sanatçının sezgisel kararları ile algoritmik üretim arasında yeni bir etkileşim alanı oluştururken; özgünlük, yaratıcılık ve üretim kontrolü gibi kavramların yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Sonuç olarak, hibrit görsel üretim anlayışının insan ve yapay zekâ arasındaki yaratıcı iş birliğini görünür kılarak görsel sanatlar ve tasarım alanındaki dijital dönüşüme estetik ve kavramsal açıdan katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: *Hibrit Görsel Üretim, Geleneksel İllüstrasyon, Üretken Yapay Zekâ, Dijital Dönüşüm.*

[1] Kastamonu Üniversitesi, sevaltopval84@gmail.com
[2] Kastamonu Üniversitesi, sofyacihancanbolat@gmail.com

Abstract

This research aims to examine hybrid visual production processes that combine traditional illustration techniques with generative artificial intelligence tools. In light of the impacts of digital transformation on the fields of art and design, artificial intelligence is approached not merely as a technical tool, but as a collaborative creator that contributes to the creative process. The study analyzes the production practices of artists who integrate traditional drawing and illustration methods with AI-supported digital production processes, focusing on initial sketches, visual variations generated by AI, stylistic transformations, composition development, and digital finishing stages. The findings reveal that the concept of hybrid production does not merely represent a technical fusion; rather, it offers new possibilities for production from aesthetic, narrative, and methodological perspectives. The integration of traditional drawing processes with AI creates a new realm of interaction between the artist's intuitive decisions and algorithmic production, necessitating a reevaluation of concepts such as originality, creativity, and control over the production process. In conclusion, it is assessed that the hybrid approach to visual production contributes to the digital transformation in the fields of visual arts and design from both aesthetic and conceptual perspectives by making the creative collaboration between humans and artificial intelligence visible.

Keywords:*Hybrid Visual Production, Traditional Illustration, Generative Artificial Intelligence, Digital Transformation*

1.Giriş

Teknolojik gelişmelerin etkisiyle sanat üretim süreçleri zaman içerisinde dönüşüme uğramış ve bu dönüşüm yeni ifade alanlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Özellikle 21. yüzyılda dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte bilgisayar teknolojileri ve yazılımlar önemli ölçüde gelişmiş; buna bağlı olarak yeni sanat disiplinleri, üretim teknikleri ve farklı uzmanlık alanları oluşmuştur. Dijital sanat da bu teknolojik dönüşüm sürecinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bilgisayar donanımları ile yazılımların paralel biçimde gelişimini sürdürmesi, grafik tabanlı yazılımların teknik kapasitesini artırmış; dijital çizim ve tasarım süreçlerini destekleyen yardımcı araçların geliştirilmesine olanak tanımıştır. Böylece dijitalleşmenin etkisiyle sanatsal üretim süreçleri geleneksel ortamların dışına taşınarak bilgisayar temelli üretim alanlarına yönelmiştir (Sivri, 2024).

Dijitalleşmenin sanat üretim süreçlerine sağladığı teknik olanaklar, geleneksel üretim biçimlerinin yeniden değerlendirilmesine de zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda illüstrasyon alanı, geleneksel çizim teknikleri ile dijital üretim araçlarının bir arada kullanılabildiği hibrit bir yapıya dönüşmüştür. Geleneksel illüstrasyon; kâğıt, mürekkep, boya ve baskı teknikleri gibi fiziksel malzemeler aracılığıyla üretilen görsel anlatım biçimlerini kapsamaktadır. Ancak dijital teknolojilerin gelişmesiyle birlikte bu üretim anlayışı yeni araçlar ve yöntemlerle genişlemiş, geleneksel estetik anlayış dijital ortamda yeniden yorumlanmaya başlanmıştır. Bu dönüşüm, illüstrasyonun yalnızca teknik açıdan değil; anlatım dili ve üretim süreci bakımından da değişim geçirdiğini göstermektedir.

Geleneksel illüstrasyonun dijital ortamda yeniden üretilmesi, sanatçılara hem el işçiliğine dayalı görsel dili koruma hem de dijital teknolojilerin sunduğu düzenleme, katmanlama ve çoğaltma olanaklarından yararlanma imkânı sağlamaktadır. Böylece geleneksel üretim pratikleri dijital ortam içerisinde yeniden biçimlenmekte ve çağdaş görsel anlatımın bir parçası hâline gelmektedir. Bu durum, geleneksel illüstrasyonun geçmişe ait durağan bir üretim biçimi olmaktan çıkarak dijital çağ içerisinde dönüşen ve güncellenen bir sanat alanına dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Nitekim Kızılşafak'a göre illüstrasyon, tarihsel süreç boyunca farklı sanat disiplinleriyle etkileşim içerisinde gelişmiş ve teknolojik dönüşümlerin etkisiyle yeni anlatım biçimleri kazanmıştır (Kızılşafak, 2014: s.166). Benzer şekilde Kızılaslan ve Kozlu İsmailoğlu, dijitalleşmenin geleneksel sanat üretimlerini yeni ifade biçimlerine dönüştürdüğünü ve kültürel aktarım süreçlerinde önemli bir rol üstlendiğini ifade etmektedir (Kızılaslan ve Kozlu İsmailoğlu, 2021: s.108).

Bu dönüşüm süreci, yalnızca dijital çizim araçlarının kullanımını yaygınlaştırmakla sınırlı kalmamış; aynı zamanda yapay zekâ temelli üretim teknolojilerinin de sanat pratiği içerisinde yer almaya başlamasına zemin hazırlamaktadır. Özellikle üretken yapay zekâ sistemlerinin gelişmesiyle birlikte görsel üretim süreçleri yeniden şekillenmiş, sanatçının üretim sürecindeki rolü farklı bir boyut kazanmıştır. Böylece dijital sanat ortamı, yalnızca insan merkezli bir üretim alanı olmaktan çıkarak insan ve algoritma iş birliğiyle gelişen yeni bir yaratıcı üretim biçimine dönüşmeye olanak sağlamaktadır.

Üretken yapay zekâ teknolojileri; metin, görsel ve ses gibi farklı veri türlerini analiz ederek yeni içerikler üretebilen sistemler olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemlerin sanat alanında kullanılmaya başlanmasıyla birlikte özgünlük, yaratıcılık ve sanatçının üretimdeki konumu gibi kavramlar yeniden tartışma konusu haline gelmektedir. Özcan'a göre yapay zekâ destekli üretim araçları, sanatçının yaratıcı sürecini tamamen ortadan kaldırmaktan ziyade üretim sürecini dönüştüren ve alternatif üretim olanakları sunan teknolojik araçlar olarak değerlendirilmektedir (Özcan, 2023: s.62). Benzer biçimde Yıldırım ve Keleş, üretken yapay zekâ uygulamalarının dijital sanat üretiminde deneysel ve hibrit anlatım biçimlerinin gelişmesine katkı sağladığını ifade etmektedir (Yıldırım ve Keleş, 2024: s.118).

Bu bağlamda üretken yapay zekâ, geleneksel illüstrasyon teknikleri ile dijital üretim araçlarının bir arada kullanıldığı hibrit görsel anlatıların oluşumunda önemli bir rol üstlenmektedir. Sanatçılar, geleneksel çizim estetiğini yapay zekâ destekli üretim süreçleriyle birleştirerek yeni görsel anlatım biçimleri geliştirmekte ve dijital sanatın ifade olanaklarını genişletmektedir.

Hibrit görsel üretim, geleneksel sanat teknikleri ile dijital teknolojilerin ortak bir üretim süreci içerisinde bir araya getirilmesiyle oluşan çağdaş bir üretim modeli olarak değerlendirilmektedir. Bu üretim anlayışı, yalnızca teknik araçların birleşimini değil; aynı zamanda farklı estetik yaklaşımların, anlatım biçimlerinin ve yaratıcı süreçlerin bir arada kullanılmasını da kapsamaktadır. Karaaslan'a göre dijital teknolojilerin sanat üretiminde etkin biçimde kullanılmaya başlanması, sanatçının üretim yöntemlerini çeşitlendirmiş ve disiplinlerarası uygulamaların yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır (Karaaslan, 2022: s.214). Benzer biçimde Öztürk, hibrit üretim süreçlerinin geleneksel sanat pratiğini ortadan kaldırmadığını; aksine dijital olanaklarla yeniden yorumlanan deneysel bir ifade alanı oluşturduğunu belirtmektedir (Öztürk, 2023: s.87).

Bu bağlamda hibrit görsel üretim anlayışı, geleneksel illüstrasyon teknikleri ile üretken yapay zekâ uygulamalarının birlikte kullanılabildiği yeni anlatım biçimlerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Sanatçılar, fiziksel çizim süreçlerinden elde edilen estetik dili dijital üretim araçlarıyla bütünleştirerek hem geleneksel görsel hafızayı korumakta hem de çağdaş dijital anlatım olanaklarını genişletmektedir.

Buradan hareketle bu araştırmanın temel problemi "Geleneksel illüstrasyon teknikleri ile üretken yapay zekâ destekli dijital üretim süreçlerinin bir arada kullanılması, çağdaş görsel anlatı biçimlerini nasıl dönüştürmektedir?" ve "Bu dönüşüm, Alexis Marcou, James Jean, Sougwen Chung, Sait Mingü, Elçin Arpaçay ve Refik Anadol'un çalışmaları üzerinden hibrit görsel üretim bağlamında nasıl değerlendirilebilir?" sorularına yanıt aramaktır.

2. Amaç

Bu araştırmanın amacı, geleneksel illüstrasyon teknikleri ile üretken yapay zekâ destekli dijital üretim süreçlerinin bir arada kullanıldığı hibrit görsel üretim anlayışını incelemektir. Araştırma kapsamında Alexis Marcou, Sougwen Chung, Sait Mingü ve Elçin Arpaçay'ın çalışmaları üzerinden geleneksel görsel anlatım biçimlerinin dijital teknolojiler ve üretken yapay zekâ uygulamalarıyla birlikte nasıl dönüştüğünün ortaya konulması amaçlanmaktadır. Ayrıca hibrit görsel üretim süreçlerinin çağdaş sanat pratiği içerisindeki estetik, teknik ve anlatısal etkilerinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

3. Yöntem

Bu araştırma, nitel araştırma yöntemi doğrultusunda yapılandırılmıştır. Çalışmada doküman incelemesi ve görsel analiz yöntemlerinden yararlanılmış; sanatçıların üretim süreçleri, kullanılan teknikler ve görsel anlatım biçimleri hibrit üretim yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında incelenen eserler; sanatçı portfolyoları, dijital arşivler, sergi kayıtları, röportajlar ve çevrim içi sanat platformları üzerinden elde edilen veriler doğrultusunda analiz edilmiştir.

Araştırmada örneklem olarak seçilen sanatçılar; geleneksel çizim pratiği ile dijital üretim araçlarını birlikte kullanmaları, üretim süreçlerinde teknolojik araçlardan yararlanmaları ve çağdaş görsel anlatım biçimlerine farklı yaklaşımlar geliştirmeleri nedeniyle tercih edilmiştir. Bu doğrultuda Alexis Marcou ve Sait Mingü'nün çalışmaları; geleneksel illüstrasyon estetiğinin dijital ortamda nasıl dönüştüğünü incelemek amacıyla ele alınmıştır. Söz konusu sanatçıların üretimlerinde el çizimi, mürekkep, eskiz ve manuel kompozisyon anlayışının dijital boyama, katmanlama ve görsel düzenleme teknikleriyle birlikte kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle bu sanatçılar, geleneksel ve dijital üretim arasındaki hibrit ilişkiyi değerlendirmek açısından araştırmaya dahil edilmiştir.

Sougwen Chung ve Elçin Arpaçay ise insan–makine ilişkisi, algoritmik üretim sistemleri, veri temelli görselleştirme ve yapay zekâ destekli dijital üretim süreçleri bağlamında incelenmiştir. Özellikle Sougwen Chung'un robotik çizim sistemleriyle geliştirdiği ortak üretim modeli, yapay zekâ destekli üretim süreçlerinde insan ve makine iş birliğinin sanatsal üretime yansımalarını ortaya koyan önemli örneklerden biri olarak değerlendirilmiştir. Elçin Arpaçay'ın çalışmaları ise dijital illüstrasyon, hareketli görsel anlatım ve teknolojik anlatı unsurlarını bir araya getirmesi nedeniyle araştırma kapsamında ele alınmıştır.

Araştırmada sanatçı seçiminde farklı üretim modellerini temsil etme ölçütü dikkate alınmıştır. Bu bağlamda bazı sanatçılar geleneksel çizim ile dijital üretim arasındaki ilişkiyi temsil ederken, bazı sanatçılar ise insan–makine etkileşimi ile algoritmik üretim sistemlerinin çağdaş sanat pratiğindeki kullanım biçimlerini ortaya koymaktadır.

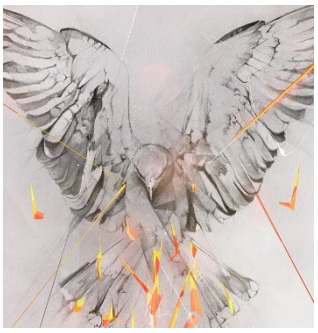
Böylece çalışma kapsamında hibrit görsel üretim anlayışı; yalnızca teknik araçların birleşimi olarak değil, farklı üretim biçimlerinin bir arada değerlendirildiği çok katmanlı bir yaratım süreci olarak ele alınmıştır.

4. Bulgular

4.1. Alexis Marcou'nun Çalışmalarında Analog Çizginin Dijital Yüzeye Dönüşümü

Alexis Marcou, illüstrasyon üretiminde geleneksel desen anlayışını dijital uygulamalarla birleştiren sanatçılar arasında yer almaktadır. Sanatçının çalışmaları incelendiğinde özellikle çizgi yoğunluğu, doku kullanımı ve kompozisyon düzeninin el çizimi temelli bir yaklaşım taşıdığı görülmektedir. Marcou'nun üretim süreci çoğunlukla kalem çizimleri ve manuel taslaklarla başlamakta; son aşamada ise dijital ortamda renk, kontrast ve yüzey düzenlemeleri uygulanmaktadır (Computer Arts, 2019). Bu nedenle sanatçının üretim pratiği doğrudan yapay zekâ destekli bir sistem yerine, çizim temelli dijital illüstrasyon yaklaşımı içerisinde değerlendirilmektedir.

Marcou'nun çalışmalarında dijital araçlar daha çok görsel düzenleme ve kompozisyon kontrolü amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle afiş ve illüstrasyon çalışmalarında görülen keskin ışık geçişleri, kontrollü renk dağılımları ve yüksek kontrast etkileri dijital müdahaleyi görünür hâle getirmektedir. Buna karşın figürlerin temel anatomik yapısı, çizgisel hareketleri ve doku hissi manuel çizim pratiğinin izlerini korumaktadır. Bu durum, sanatçının üretim sürecinde geleneksel illüstrasyon dilini tamamen terk etmediğini göstermektedir.



Şekil 1 ve 2**.** Alexis Marcou, graphite ve kurşun kalem temelli çizim çalışmaları
Kaynak: Alexis Marcou Studio, 2023.

Görsel 1'de Alexis Marcou'nun el üretimine dayalı çizgisel anlatım anlayışı görülmektedir. Kurşun kalem ve graphite temelli çizim tekniğiyle oluşturulan yoğun çizgi yapıları, sanatçının geleneksel illüstrasyon pratiğiyle kurduğu ilişkiyi ortaya koymaktadır. Özellikle detaylı gölgelendirme, geometrik çizgi düzeni ve manuel yüzey oluşturma anlayışı geleneksel çizim tekniklerinin temel özellikleriyle ilişkilendirilmektedir (The Greek Foundation, 2020). Bununla birlikte çizim sürecinde oluşturulan biçim ilişkileri ve kompozisyon yapısı, dijital ortamda yeniden düzenlenebilecek görsel verilerin temelini oluşturmaktadır. Bu durum, analog çizim pratiğinin dijital üretim sürecine aktarılan temel yapı olarak kullanıldığını göstermektedir.

Şekil 3. Alexis Marcou, *Nike 4D* dijital illüstrasyon ve mural çalışması.
Kaynak: Alexis Marcou Studio, 2023.

Nike 4D adlı çalışmada sanatçının çizim temelli üretim anlayışı belirgin biçimde görülmektedir. Figürlerin hareket yapısı ilk olarak manuel eskiz çizgileriyle oluşturulmuş; daha sonraki aşamalarda dijital renk uygulamaları ve saydam geçiş efektleriyle geliştirilmiştir. Özellikle tekrar eden figür kullanımı ve hareket çizgileri, çalışmanın dinamik yapısını güçlendirmektedir. Kompozisyon içerisinde görülen şeffaf katman etkileri ve kontrollü ışık geçişleri dijital düzenleme sürecinin etkisini göstermektedir. Buna rağmen çalışmanın temel yapısı hâlâ çizim odaklı ilerlemektedir.

Şekil 4. Alexis Marcou, *Owl*, 2021, suluboya, kurşun kalem ve dijital öğelerle üretilmiş dijital illüstrasyon. Kaynak: Alexis Marcou Studio, 2021.

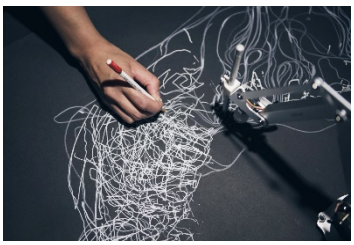
Owl Illustration adlı çalışmada sanatçının çizim merkezli üretim dili daha deneysel bir biçimde görülmektedir. Kompozisyonun temel yapısı serbest eskiz çizgileriyle oluşturulurken, geometrik parçalanmalar ve keskin yönelimler hareket duygusunu artırmaktadır. Özellikle siyah çizgilerin düzensiz ve spontane görünümü, çalışmanın manuel çizim aşamasına dayandığını göstermektedir. Çizgisel yapının bazı bölgelerde bilinçli olarak tamamlanmaması, eskiz etkisini görünür kılmaktadır.

Çalışmada kullanılan renk uygulamaları, dijital müdahalenin belirgin olduğu alanlardan biridir. Baykuş figüründeki parlak renk geçişleri, saydam boya etkileri ve katmanlı ışık kullanımı dijital boyama teknikleriyle oluşturulmuştur (Alexis Marcou Studio, 2023). Buna karşın kompozisyonun temelinde çizgisel anlatım korunmuş ve formun oluşumunda çizgi belirleyici unsur olmaya devam etmektedir.

Bu çalışma, Alexis Marcou'nun geleneksel eskiz anlayışını dijital uygulamalarla geliştirdiği üretim sürecini ortaya koymaktadır. Sanatçının üretimlerinde yapay zekâ destekli sistemler yerine, manuel çizim ile dijital renklendirme süreçleri birlikte kullanılmaktadır. Analog yaklaşım özellikle ilk taslak aşamasında belirginleşirken, dijital araçlar renk, yüzey ve kompozisyon düzenlemelerini desteklemektedir (Alexis Marcou Studio, 2023). Bu yönüyle dijital müdahale, çizim dilini değiştiren değil, onu güçlendiren bir üretim katmanı olarak değerlendirilmektedir.

4.2. Sougwen Chung'un Çalışmalarında İnsan-Makine Ortak Üretimi

Sougwen Chung, çizim pratiğini performans, robotik sistemler ve yapay zekâ destekli teknolojilerle birlikte ele alan çağdaş yeni medya sanatçıları arasında yer almaktadır. Sanatçının çalışmalarında insan hareketi yalnızca fiziksel bir çizim eylemi olarak değil; aynı zamanda dijital sistemlere aktarılan bir veri biçimi olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle Chung'un üretim anlayışı, manuel çizim ile algoritmik sistemler arasındaki ilişki üzerine kurulmaktadır (Sougwen Chung Studio, 2023).



Şekil 5 ve 6. Sougwen Chung, el çizimine dayalı çizim performansı.
Kaynak: Sougwen Chung Studio, 2021.

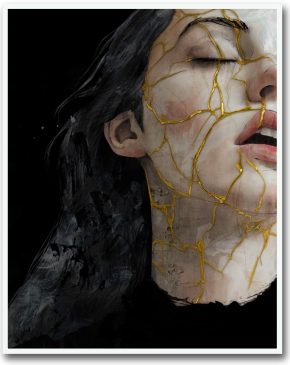
Sanatçının erken dönem çalışmalarında el hareketine dayalı çizim pratiği ön plandadır. Organik çizgi yapıları, tekrar eden el hareketleri ve performatif üretim anlayışı bu çalışmaların temel karakterini oluşturmaktadır (Sougwen Chung Studio, 2021). Çizim süreci burada yalnızca görsel bir sonuç üretmekten çok, bedensel hareketin izlerini ortaya çıkaran performatif bir deneyime dönüşmektedir. Bu yönüyle ilk çalışmalar, sanatçının daha sonra geliştireceği robotik sistemlerin temel veri kaynağını oluşturmaktadır.

Şekil 7 ve 8. Sougwen Chung, *Drawing Operations Unit: Generation Series*, robotik çizim performansı.
Kaynak: Sougwen Chung Studio, 2023.

Drawing Operations Unit serisinde ise sanatçının çizim hareketleri robotik sistemlerle birlikte yeniden ele alınmaktadır. Sistem, sanatçının önceki çizimlerinden elde edilen hareket verilerini kullanarak eş zamanlı tepkiler üretmektedir (Sougwen Chung Studio, 2023). Bu çalışmalarda çizim süreci yalnızca sanatçının el hareketiyle ilerlememektedir. Robotik sistem de sürece doğrudan katılarak çizgilere karşılık vermektedir. Ortaya çıkan görüntüde bazı çizgilerin insan eliyle, bazılarının ise sistem tarafından üretildiği hissedilmektedir. Bu durum, çizimi tek kişilik bir üretim alanından çıkararak insan ve makine arasında gelişen ortak bir deneyime dönüştürmektedir.

4.3. Sait Mingü'nün Çalışmalarında Geleneksel Estetiğin Dijital Ortamda Yeniden Yapılandırılması

Sait Mingu, dijital illüstrasyon alanında portre odaklı çalışmalarıyla öne çıkan çağdaş Türk sanatçılar arasında yer almaktadır. Sanatçının üretimlerinde teknik gösteriden çok atmosfer duygusu, yüzey etkisi ve figürün psikolojik ifadesi dikkat çekmektedir. Özellikle portrelerde görülen boya lekeleri, çatlak dokular ve dağılmış yüzey etkileri, dijital ortamda üretilmiş olmasına rağmen fiziksel bir malzeme hissi oluşturmaktadır. Bu durum, sanatçının dijital araçları yalnızca teknik bir uygulama alanı olarak değil; duygu aktarımını güçlendiren bir ifade biçimi olarak kullandığını göstermektedir (Sait Mingü Portfolio, 2023).



Şekil 9. Sait Mingü, *Kintsugi*, 2026, dijital illüstrasyon, C-Print Diasec Mount.

Kaynak: Sait Mingü Instagram hesabı, 2026.

Kintsugi adlı çalışmada portre yüzeyinde görülen kırık form etkileri dikkat çekmektedir. Figürün yüzüne yerleştirilen altın renkli çatlak çizgileri, Japon kintsugi estetiğini çağrıştıran görsel bir yapı oluşturmaktadır. Ancak burada amaç yalnızca dekoratif bir etki yaratmak değil; kırılma, onarılma ve iz bırakma düşüncesini portre üzerinden görünür hâle getirmektir. Çalışmada kullanılan koyu ton geçişleri ve yumuşak ışık dağılımı, figürün içe dönük atmosferini güçlendirmektedir (Mingü, 2026).

Yüzeyde görülen boya hissi ve doku etkileri dijital ortamda oluşturulmasına rağmen geleneksel boya kullanımını hatırlatan bir görünüm ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle çalışma, manuel resim estetiği ile dijital boyama tekniklerinin birlikte kullanıldığı bir yaklaşım sunmaktadır. Burada hibritlik, doğrudan yapay zekâ kullanımından değil; fiziksel boya hissinin dijital yüzey üzerinde yeniden kurulmasından kaynaklanmaktadır.

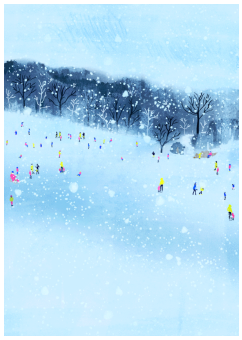
Şekil 10. Sait Mingü, *Wing*, 2026, dijital illüstrasyon, C-Print Diasec Mount.
Kaynak: Sait Mingü Instagram hesabı, 2026.

Wing adlı çalışmada ise gerçekçi portre anlayışı ile düşsel bir kurgu bir araya getirilmektedir. Figür üzerine eklenen kuş kanadı formu, çalışmanın gerçeklikten uzaklaşarak daha simgesel bir anlatı kurmasına olanak sağlamaktadır. Portre yüzeyinde görülen serbest fırça etkileri ve dağılmış renk katmanları, dijital ortamda oluşturulmuş olsa da geleneksel resim pratiğinin izlerini taşımaktadır (Mingü, 2026).

Bu çalışmada dikkat çeken unsur teknik detaydan çok görsel atmosferdir. Figürün karanlık yüzey içerisinde eriyen yapısı, ışığın yalnızca belirli bölgelerde yoğunlaşması ve yüzeyde bırakılan eskiz hissi, portrede kırılgan bir duygu alanı oluşturmaktadır. Sait Mingü'nün üretimlerinde yapay zekâ destekli otomatik görsel üretim sistemlerinden çok, dijital boyama teknikleriyle geliştirilen kişisel bir görsel dil öne çıkmaktadır. Bu yönüyle sanatçının çalışmaları, araştırmada geleneksel resim hissinin dijital ortamda nasıl dönüştüğünü gösteren örnekler arasında değerlendirilmektedir.

4.4. Elçin Arpaçay'ın Çalışmalarında Yapay Zekâ Destekli Hibrit Görsel Üretim

Elçin Arpaçay, dijital illüstrasyon, hareketli görsel anlatım ve yeni medya uygulamalarını bir arada kullanan çağdaş sanatçılar arasında yer almaktadır. Sanatçının çalışmalarında durağan görüntüden çok zaman, hareket ve atmosfer duygusu ön plana çıkmaktadır. Özellikle animasyon etkisi taşıyan yüzey kullanımları, dijital üretimin yalnızca tek karelik bir görsel oluşturma süreciyle sınırlı kalmadığını göstermektedir. Bu yönüyle Arpaçay'ın üretim pratiği, önceki sanatçılardaki çizim ve yüzey odaklı yaklaşımdan ayrılarak hareket temelli bir anlatı alanına yönelmektedir (Gazete Sanat, 2021).



Şekil 11. Elçin Arpaçay, hareketli dijital illüstrasyon çalışması.Kaynak: Elçin Arpaçay Instagram hesabı, 2026.

İlk çalışmada kar tanelerinin hareketiyle birlikte oluşan atmosfer dikkat çekmektedir. Görselde kullanılan geniş boşluk hissi ve düşük renk yoğunluğu, sakin fakat zamana yayılan bir anlatım oluşturmaktadır. Hareket eden kar dokuları sayesinde çalışma yalnızca izlenen bir yüzey olmaktan çıkarak süreç hissi taşıyan bir yapıya dönüşmektedir. Özellikle küçük figürlerin geniş beyaz alan içerisinde konumlandırılması, yalnızlık ve mesafe duygusunu güçlendirmektedir (Arpaçay, 2026).
Çalışmada kullanılan çizgisel ağaç formları ve boya etkili yüzey geçişleri, geleneksel illüstrasyon estetiğini hatırlatmaktadır. Ancak bu yapı animasyon temelli dijital hareketlerle birlikte yeniden ele alınmaktadır. Burada dijital teknoloji yalnızca görsel üretmek için değil; zaman hissi oluşturmak ve atmosferi hareket aracılığıyla güçlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Şekil 12. Elçin Arpaçay, dijital illüstrasyon çalışması.
Kaynak: Elçin Arpaçay Instagram hesabı, 2026.

İkinci çalışmada ise teknoloji ve gündelik yaşam ilişkisini öne çıkaran daha grafik bir anlatım görülmektedir. Kompozisyonun merkezinde yer alan robot figürü, insan ve teknoloji arasındaki ilişkiyi doğrudan görünür hâle getirmektedir. Düz renk alanları, sadeleştirilmiş biçimler ve kontrollü kompozisyon yapısı çalışmanın dijital karakterini belirginleştirmektedir (Arpaçay, 2026).

Bununla birlikte çalışmada kullanılan bitkisel formlar ve iç mekân öğeleri, mekanik figürün sert yapısını dengeleyerek organik bir görsel atmosfer oluşturmaktadır. Bu yaklaşım, teknolojinin yalnızca mekanik bir unsur olarak değil, gündelik yaşamın doğal bir parçası olarak ele alındığını göstermektedir.

Elçin Arpaçay'ın üretim pratiğinde yapay zekâ, doğrudan görsel üreten bir sistem olarak değil; dijital illüstrasyon, animasyon ve yeni medya uygulamalarını destekleyen bir üretim aracı olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle sanatçının çalışmaları, yapay zekâ destekli üretimden çok, dijital illüstrasyonun hareket ve zaman boyutuyla genişleyen anlatım olanaklarını ortaya koyması bakımından araştırma kapsamında incelenmiştir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu araştırmada, geleneksel illüstrasyon teknikleri ile dijital üretim araçları ve üretken yapay zekâ teknolojileri arasındaki ilişkinin çağdaş görsel anlatım üzerindeki etkileri incelenmiştir. Alexis Marcou, Sougwen Chung, Sait Mingü ve Elçin Arpaçay'ın çalışmaları, dijital dönüşümün sanat üretiminde tek yönlü bir değişim oluşturmadığını; farklı üretim biçimlerini bir araya getiren çok katmanlı bir yapı ortaya koyduğunu göstermektedir.

Araştırma bulguları, incelenen sanatçıların aynı üretim modelini benimsemediğini ortaya koymaktadır. Alexis Marcou ile Sait Mingü'nün çalışmalarında geleneksel çizim ve dijital üretim süreçleri birlikte kullanılırken, dijital illüstrasyon ve dijital boyama temelli bir yaklaşımın öne çıktığı görülmektedir. Buna karşılık Sougwen Chung'un üretimlerinde insan hareketi ile robotik sistemler arasındaki etkileşim temel belirleyici unsur olarak dikkat çekmektedir. Çizim hareketlerinin veri olarak kullanılması ve robotik sistemler tarafından yeniden yorumlanması, yapay zekâ destekli üretimin süreç odaklı ve çok katmanlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Elçin Arpaçay'ın çalışmaları ise dijital anlatının hareket, zaman ve animasyon temelli uygulamalarla genişlediğini ortaya koymaktadır.

Araştırma sonucunda, hibrit üretim anlayışının tüm sanatçılarda aynı biçimde gerçekleşmediği belirlenmiştir. Bazı sanatçılarda hibritlik manuel çizim ile dijital boyamanın birlikteliği üzerinden gelişirken, bazı örneklerde insan ve algoritmik sistemlerin ortak üretim süreci ön plana çıkmaktadır. Bu durum, hibrit üretim anlayışının farklı teknolojik yaklaşımlar doğrultusunda çeşitlendiğini göstermektedir.

Sonuç olarak araştırma, geleneksel illüstrasyon tekniklerinden yapay zekâ destekli üretim süreçlerine uzanan dönüşümün sanat üretiminde yeni yaklaşımlar geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Dijital teknolojiler ve yapay zekâ sistemleri, üretim mantığını, görsel dili ve sanatçının üretimdeki rolünü dönüştürürken, manuel üretim pratiğinin de dijital ortam içerisinde farklı biçimlerde varlığını sürdürdüğü görülmektedir.

Kaynakça

Behance. (2025). Elçin Arpaçay Portfolio. https://www.behance.net/elcina

Çetin, S. (2021). "Dijital illüstrasyon bağlamında geleneksel çizim pratiklerinin dönüşümü". Art-e Sanat Dergisi, 14(28): 90-104.

Gazete Sanat. (2021). Yapay zekâyla sanatı buluşturan sanatçı Elçin Arpaçay ile röportaj. https://www.gazetesanat.com/roportajlar/elcin-arpacay/

Karaaslan, Z. (2022). "Dijital sanat üretiminde disiplinlerarası yaklaşımlar ve yeni medya estetiği". Akdeniz Sanat Dergisi, 16(30): 205-220.

Kızılaslan, N. ve Kozlu İsmailoğlu, D. (2021). "Teknolojinin ve dijitalleşmenin geleneksel Türk sanatlarına yansımaları". Medeniyet Sanat Dergisi, 7(1): 103-120.

Kızılşafak, E. (2014). "Minyatürden illüstrasyona tarihsel ve güncel bir bakış". Fine Arts, 9(4): 162-174.

Özcan, B. (2023). "Yapay zekâ ve sanat ilişkisinin dijital sanat bağlamında değerlendirilmesi". Uluslararası Sanat ve Estetik Dergisi, 6(2): 55-70.

Öztürk, B. (2023). "Geleneksel sanat pratiklerinden dijital üretime: Hibrit görsel anlatılar üzerine bir değerlendirme". İdil Sanat ve Dil Dergisi, 12(101): 80-92.

Sivri, O. (2024). "Yapay zekâ çerçevesinde görsel sanatların geleceği". İnsanat Sanat Tasarım ve Mimarlık Araştırmaları Dergisi, 4(1): 322-344.

Teker, A. (2022). "Dijitalleşme sürecinde sanat üretim pratiklerinin dönüşümü". İdil Sanat ve Dil Dergisi, 11(89): 39-48.

The Greek Foundation. (2020). The Illustrations of Alexis Marcou. https://thegreekfoundation.com/art/the-illustrations-of-alexis-marcou/

Yıldırım, H. ve Keleş, E. (2024). "Üretken yapay zekâ teknolojilerinin dijital sanat üretimine etkisi". Akdeniz Sanat Dergisi, 18(33): 110-125.

Görsel Kaynaklar

Alexis Marcou Studio. (2023). Nike 4D Mural Project [Dijital illüstrasyon ve mural çalışması]. https://alexismarcou.com/

Arpaçay, E. (t.y.). Animated Digital Illustration Work [Hareketli dijital illüstrasyon]. Instagram. https://www.instagram.com/elcinarpacay/

Arpaçay, E. (t.y.). Digital Illustration Work [Dijital illüstrasyon]. Instagram. https://www.instagram.com/elcinarpacay/

Mingü, S. (t.y.). Kintsugi [Dijital illüstrasyon]. Instagram. https://www.instagram.com/saitmingu/

Mingü, S. (t.y.). Wing [Dijital illüstrasyon]. Instagram. https://www.instagram.com/saitmingu/

Sougwen Chung Studio. (2021). Drawing Performance Works [Çizim performansı]. https://sougwen.com/

Sougwen Chung Studio. (2023). Drawing Operations Unit: Generation Series [Robotik çizim performansı]. https://sougwen.com

YENİ MEDYA SANATINDA GÖRSEL ANLATININ DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ:VAN GOGH: IŞIĞIN İZİNDE ÖRNEĞİ

THE DIGITAL TRANSFORMATION OF VISUAL NARRATIVE IN NEW MEDIA ART: THE CASE OF "VAN GOGH: IN THE FOOTSTEPS OF LIGHT"

Dilannur Şekeroğlu[1]
Doç. Dr. Elif TARLAKAZAN[2]

Özet

Günümüzde sanat üretimi ve sergileme pratikleri, dijital süreçlerin etkisiyle sabit kompozisyon anlayışından uzaklaşarak izleyiciyi içine alan, çok duyulu deneyim ortamlarına dönüşmektedir. Bu çalışma, yeni medya sanatında görsel anlatının dijital araçlar aracılığıyla geçirdiği dönüşümü ve immersive sergileme pratikleri üzerindeki etkilerini incelemektedir. Bu bağlamda immersive sergiler, izleyiciyi yalnızca gözlemci konumundan çıkararak mekânsal ve anlatısal yapının aktif bir bileşeni hâline getirmektedir. İzleyicinin mekân içerisinde hareket edebilmesi ve görsel anlatının bir parçası hâline gelmesi, sanat deneyimini daha etkileşimli bir yapıya dönüştürmektedir. Çalışmada projeksiyon haritalama, hareketli görüntü tasarımı, ışık, ses ve mekânsal kurgu gibi yeni medya unsurlarının görsel anlatıyı nasıl yeniden yapılandırdığı ele alınmakta ve ayrıca bu sergileme biçimlerinin sanatın özgünlüğü, yeniden üretilebilirlik ve izleyici deneyiminin estetikten tüketime yönelip yönelmediğine ilişkin eleştirel tartışmalara da yer verilmektedir. Bu doğrultuda sanat eserinin yalnızca izlenen bir yapı olmaktan çıkıp deneyimlenen bir ortama dönüşmesi, izleyici ile eser arasındaki ilişkiyi yeniden tanımlamaktadır. Araştırma, bu yıl Türkiye'de sergilenen "Van Gogh: Işığın İzinde" adlı immersive dijital sanat deneyimini örnek olarak ele alarak görsel anlatının aktif boyutunu betimsel analiz yöntemiyle değerlendirmektedir. Sergi kapsamında kullanılan görsel, işitsel ve mekânsal unsurlar birlikte ele alınarak izleyici üzerindeki etkileri incelenmektedir. Bu bağlamda immersive sergiler, yalnızca farklı bir sunum biçimi olmayıp görsel anlatının, izleyici algısının ve mekânsal deneyimin yeniden tanımlandığı; sanatla birebir ilişki kurulan ve teknolojinin etkisiyle çok katmanlı bir yapı kazanan sanat ortamlarını ortaya koymaktadır. Bu tür sergiler, sanatın deneyimlenme biçimini dönüştürerek izleyici ile daha doğrudan ve etkileşimli bir bağ kurulmasına olanak sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Teknoloji, Etkileşim, Yeni medya sanatı, immersive sergi*

[1] Kastamonu Üniversitesi, dilannurrsekeroglu@gmail.com
[2] Kastamonu Üniversitesi, etarlakazan@kastamonu.edu.tr

Abstract

Today, art production and exhibition practices are moving away from the concept of fixed composition under the influence of digital processes, transforming into multisensory experiential environments that draw the viewer in. This study examines the transformation of visual narrative in new media art through digital tools and its impact on immersive exhibition practices. In this context, immersive exhibitions move the viewer beyond the role of mere observer, transforming them into an active component of the spatial and narrative structure. The viewer's ability to move within the space and become part of the visual narrative transforms the art experience into a more interactive structure. The study examines how new media elements—such as projection mapping, moving image design, light, sound, and spatial composition—reconfigure visual narrative. It also addresses critical discussions regarding whether these exhibition formats shift the focus of the art experience from aesthetics to consumption, particularly in terms of the art's originality and reproducibility. In this context, the transformation of a work of art from a mere object to be viewed into an environment to be experienced redefines the relationship between the viewer and the work. This study evaluates the active dimension of visual narrative through descriptive analysis, using the immersive digital art experience titled "Van Gogh: In the Footsteps of Light," exhibited in Turkey this year, as a case study. The visual, auditory, and spatial elements used in the exhibition are examined collectively to analyze their effects on the viewer. In this context, immersive exhibitions are not merely a different form of presentation; they reveal art environments where visual narrative, viewer perception, and spatial experience are redefined—environments that foster a direct connection with art and acquire a multi-layered structure through the influence of technology. Such exhibitions transform the way art is experienced, enabling a more direct and interactive connection with the audience.

Keywords: *Technology, Interaction, New Media Art, Immersive Exhibition*

1.Giriş

Günümüzde sanat, dijital deneyimlerle birlikte hızla dönüşmekte ve farklı biçimlerde karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, sanatın üretim süreçlerini etkileyerek görsel anlatıların izleyiciye aktarımında yeni olanaklar sunmaktadır. Özellikle yeni medya sanatı, içerdiği dinamik yapı sayesinde anlam katmanlarını artırmakta ve izleyici ile sanat eseri arasında daha güçlü bir bağ kurulmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla teknik olanakların dijital boyutla birleşmesi, etkileşimli sanat ortamlarının oluşmasına zemin hazırlamaktadır.

Yeni medya sanatı, sanat eserinin algılanma süreçlerinin yeniden değerlendirilmesine ve çağdaş sanat bağlamında yeniden yapılandırılmasına olanak tanımaktadır. Bu süreçte sanatçının ifade biçimi, görsel anlatının dijital dönüşümü sayesinde genişlemektedir. Hareket, ışık, ses ve etkileşim sağlayan medya unsurlarının kullanımı, sanat ortamını deneyimsel ve etkileşimli hale getirirken, izleyiciye sunulan ortamın nasıl daha etkili ve ilgi çekici kurgulanabileceğini de ortaya koymaktadır.

Bu araştırma, yeni medya sanatının güncel sergi pratikleri arasında yer alan immersive deneyimler üzerinden görsel anlatının dijital dönüşümünü incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, Van Gogh: Işığın İzinde sergisi örneği ele alınarak, görsel anlatının mekân, deneyim ve anlatı kurgusu çerçevesinde nasıl yeniden üretildiği değerlendirilmektedir. Çalışmada, söz konusu deneyimsel sergi; ışık, renk, hareket ve mekânsal kurgu açısından analiz edilmektedir. Bu doğrultuda, geleneksel resim sanatının dijital teknolojiler aracılığıyla nasıl yeniden üretildiği ve bu süreçte görsel anlatının nasıl dönüştüğü ortaya konulmaktadır.

Özellikle günümüzde dijital teknolojilerin gelişimiyle birlikte sanat, yeni medya ortamlarında farklı anlatım olanakları kazanarak dönüşümünü sürdürmektedir. Bu dönüşüm sürecine örnek olarak, yapay zekâ tabanlı üretimler ve yeni medya sanatındaki etkileşimli uygulamalarda Vincent Van Gogh'un eserlerinin ve görsel dilinin sıklıkla yeniden yorumlandığı görülmektedir. Bu araştırmaya konu olarak, ülkemizde gerçekleştirilen Van Gogh: Işığın İzinde sergisi örnek olay olarak seçilmiştir.

İnteraktif sanat uygulamaları geçmiş ile günümüz arasında bir iletişim köprüsü kurarak, sanatın aktarımını ve yeniden yorumlanmasını mümkün kılan bir iletişim alanı olarak değerlendirilebilir. İletişim, geçmiş uygarlıklar boyunca bir ihtiyaç doğrultusunda gelişmiş ve birçok disiplinin oluşmasına zemin hazırlamıştır. "İletişim, gönderici ve alıcı olarak adlandırılan iki insan ya da insan grubu/kitlesi arasında gerçekleşen bir duygu, düşünce, davranış ve bilgi alışverişi olarak tanımlanabilir" (Becer,2009: s.11).

İnsanın iletişim kurma dürtüsü, sanatın ortaya çıkışında belirleyici bir rol oynamıştır. Farklı dönemlerle birlikte çeşitli akımlara öncülük eden sanat ve sanat eserleri, çağının bir yansıması olarak günümüze kadar ulaşmıştır. Sanat, insanı, uygarlıkları ve onların tarihini var eden önemli bir olgu iken, günümüz teknoloji çağında bu durum tersine bir yönelim göstermektedir. Teknolojinin belirleyici rol üstlendiği bu süreçte sanat, sanat eseri ve sanatçı, dijital olanaklarla yeniden şekillenerek güncel sanat ve yeni medya sanatı bağlamında yeniden yapılandırılmaktadır.

Sanatın her zaman kendi içinde bir dinamiği vardır her eser kendi yönünü bulur ve bulunduğu dönemin koşullarına göre şekillenir. Bu yönüyle sanat, toplumsal, kültürel ve teknolojik gelişmelerle doğrudan ilişki içerisinde ilerlemekte ve her çağda farklı ifade biçimleriyle yeniden ortaya çıkmaktadır. Yeni medya sanatı kapsamında sanatın üretim, sunum ve algılanma biçimlerinin yeniden tanımlanmasına zemin hazırlamıştır.

2. Yeni Medya Sanatı ve Sergileme Pratikleri

Teknoloji, insan yaşamını kolaylaştıran bir araç olmanın ötesinde, düşünme, üretme ve iletişim kurma biçimlerini dönüştüren temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Tarihsel süreç içerisinde sürekli gelişim gösteren teknoloji, yalnızca gündelik yaşam pratiklerini değil, aynı zamanda kültürel ve sanatsal üretim süreçlerini de derinden etkilemiştir. Bu bağlamda sanat, teknolojik ilerlemeler doğrultusunda yeni araçlar ve yöntemler kazanarak dönüşmüştür. Sanatçının ifade olanakları genişlerken, izleyici ile kurulan iletişim biçimleri de farklılaşmıştır.

"Tarih boyunca ne kadar geriye gidersek, sanatın hizmet ettiğine inanılan amaçlar o kadar belirgin, ama aynı zamanda garip görünmektedir" (Gombrich,2015: s.39). Bu durum, sanatın farklı tarihsel dönemlerde değişen anlamlar ve işlevler kazandığını göstermektedir. Dolayısıyla sanatın, içinde bulunduğu toplumsal ve kültürel koşullar doğrultusunda biçimlendiğine işaret etmektedir.

Her yeni teknoloji, sadece ortaya çıkardığı teknik olanaklardan dolayı değil, bu olanakların sağladığı yeni iletişim süreçleri ve yeni iletişim kültürü nedeniyle de "yeni medya" kavramı bağlamında anılır olmuştur (Altunay, 2015: s.412 'den aktaran Sağlamtimur,2017: s.84). Sanat ile teknoloji arasındaki ilişki, fotoğrafın icadıyla birlikte temellenmiştir. 20. yüzyılda teknoloji alanında yaşanan gelişmelerle birlikte sanat pratikleri, bu teknolojilerle etkileşim içerisinde dönüşüm göstermiş ve yeni ifade biçimleri kazanmıştır (Boztepe,2021: s.132).

Atiker'e (2024: s. 210) göre, teknolojik gelişmeler sergileme pratiklerini dönüştürmenin yanı sıra izleyici deneyimini de yeniden şekillendirmektedir. Bu doğrultuda dokunmatik yüzeyler, sanal, artırılmış ve karma gerçeklik ile holografik uygulamalar aracılığıyla etkileşimli ve çok duyulu deneyim ortamları oluşturulmaktadır.

> "Sanatın dijitalleşmesiyle birlikte, sürükleyici teknolojilerin kullanımı da artmıştır. Arttırılmış gerçeklik (AR), Sanal Gerçeklik (VR), Karma Gerçeklik (MR), Genişletilmiş Gerçeklik (XR), Video Projeksiyon Haritalama ve Yapay Zeka (AI) gibi teknolojilerle üretilen veya sunulan medya içerikleri sürükleyici medya olarak adlandırılmaktadır. Bu teknolojilerle gerçekleştirilen sanat da "sürükleyici sanat (İmmersive Art)" olarak tanımlanabilmektedir" (Doğan,2024: s.4).

Sergileme pratiklerine bakıldığında, teknolojinin etkisiyle ortaya çıkan immersive sergi yaklaşımlarının çoklu duyuları harekete geçirme konusunda etkili bir yöntem sunduğu söylenebilmektedir. Bu kavram, dijital teknolojilerin gelişimiyle birlikte izleyicinin de deneyimin bir parçası hâline geldiği etkileşimli bir alan oluşturmaktadır. Bu yaklaşımda duyu organları doğrudan devreye girer; görme, işitme ve kimi zaman dokunma gibi duyular aracılığıyla izleyici sergiyle bütünleşir. Böylece deneyim yalnızca izlenen bir içerik olmaktan çıkar, katılımcının aktif olarak içinde yer aldığı bütüncül bir algı alanına dönüşür. Teker'e (2009: s. 55) göre, Birey, dış dünyayı büyük ölçüde görme duyusu aracılığıyla algılamakta; bu duyunun sağladığı görsel veriler, diğer duyulara kıyasla davranışlar üzerinde daha etkili olmaktadır. Bu doğrultuda, görme duyusunun algı üzerindeki belirleyici etkisi dikkate alındığında, yeni medya sanatının sunduğu deneyimsel yapı ve immersive sergi pratikleri, sanat eserinin algılanma ve yorumlanma biçimlerini yeniden şekillendirmektedir.

2.1. Yeni Medya Dilinde Van Gogh

Vincent Van Gogh, kendine özgü üslubu ve yoruma açık fırça darbeleriyle sanat tarihinde önemli bir yer edinmiştir. Yıllar içinde eserleri yalnızca resim sanatı içinde değil, farklı disiplinlerde de yeniden yorumlanmıştır. Günümüzde ise birçok mekânın duvarını süsleyen ikonik bir sanat nesnesi hâline gelmiştir. Ünlü ressam, Post-Empresyonizm akımının özelliklerine uygun olarak üretim yapmış ve bu akımın en önemli temsilcileri arasında yer almıştır. Günümüzde ise bu güçlü görsel anlatım dili, dijital teknolojiler aracılığıyla yeniden yorumlanmaktadır. Özellikle sürükleyici sanat üretimleri, sanat eserini sabit bir yüzeyden çıkararak hareket, ışık, ses ve etkileyici atmosfer ile çok duyulu bir deneyime dönüştürmektedir.

Bu bağlamda, Van Gogh: Işığın İzinde sergisi, sanatçının eserlerini dijital ortamda yeni medya sanat ekseninde yeniden üreterek izleyiciye deneyimsel bir alan oluşturmaktadır.

Sergi, Van Gogh'un ışık ve renk anlayışını geniş ölçekli projeksiyonlar ve etkileşimli ortamlar aracılığıyla yeniden kurgulayarak, izleyicinin eserin içine dâhil olduğu bir deneyim alanı oluşturmaktadır. Türkiye'de gerçekleştirilen bu tür sergiler, yeni medya sanatının güncel sergileme pratikleri içerisindeki yerini görünür kılmakta ve izleyici ile sanat eseri arasındaki ilişkiyi yeniden tanımlamaktadır.

Van Gogh'un eserlerinin farklı disiplinlere konu olabilmesi ve diğer alanlarla kolaylıkla iç içe geçmesi, onun sanat anlayışındaki duygusal yoğunluk ve ifade gücüyle doğrudan ilişkilidir. Böylelikle sanatçının üretim biçimi daha çok ön plana çıkmaktadır. Van Gogh'un sanat anlayışı, şu sözleriyle daha anlaşılır şekildedir; Elden geldiği kadar çok sevmeliyiz, çünkü asıl güç sevgidedir, çok seven adam büyük işler görür, büyük işler görebilecek güçtedir ve

sevgiyle yapılmış iş iyi yapılmış iştir." (Van Gogh, 2020: s. 8, aktaran Gece, 2023: s. 50). Van Gogh'un eserlerinin zamansız bir etki yaratması ve günümüz dijital sanat ile yeni medya araçlarına ilham vermesi, bu eserlerin sürükleyici sergi deneyimleri aracılığıyla yeniden üretilmesine zemin hazırlamaktadır.

Bununla birlikte araştırma kapsamında, bu tür deneyimsel sergiler üzerine eleştirel bir tartışma da gündeme gelmektedir. Immersive sergilerin sunduğu görsel zenginlik ve etkileşim olanakları, izleyiciyi deneyimin merkezine yerleştirirken, bu ortamların ne ölçüde bir sanat deneyimi sunduğu ya da daha çok görsel bir tüketim alanına dönüşüp dönüşmediği sorgulanmaktadır. Özellikle sosyal medya kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, bu sergi mekânlarının kimi zaman estetik bir arka plan ya da fotoğraf üretim alanı olarak değerlendirilmesi, sanatın deneyimsel boyutu ile tüketim kültürü arasındaki ilişkiyi tartışmaya açmaktadır. Bu durum, yeni medya sanatının sunduğu olanakların yalnızca estetik değil, aynı zamanda eleştirel bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sanat eserleri, ortaya çıktıkları dönemin değerlerini, olaylarını ve kültürel yapısını yansıtarak bunları gelecek kuşaklara aktaran birer aktarım aracı niteliği taşımaktadır. Ancak günümüzde tüketim kültürünün etkisi, sanat ve sanatçı üzerinde belirleyici bir rol üstlenerek sanatsal üretim süreçlerini dönüştürmektedir (Aslan ve Eryılmaz, 2020: s. 4541). Özellikle bu tür sergilerin sosyal medya ile ilişkisi düşünüldüğünde, sanatın deneyimsel boyutu ile tüketim kültürü arasındaki sınırın giderek belirsizleştiği görülmektedir.

3.Yöntem

Bu çalışma nitel araştırma yaklaşımı kapsamında betimsel analiz yöntemi ile yürütülmüştür. Araştırmada yeni medya sanatı bağlamında görsel anlatının dijital teknolojiler aracılığıyla geçirdiği dönüşüm ele alınmış ve sürükleyici (immersive) sergileme yöntemleri üzerinden değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında örnek olay yöntemi kullanılarak Türkiye'de sergilenen "Van Gogh: Işığın İzinde" adlı immersive dijital sanat deneyimi incelenmiştir. Söz konusu sergi, görsel, işitsel ve mekânsal unsurların bir arada kullanıldığı bir örnek olarak ele alınmıştır. Arıkan'a (2013: s. 71'den aktaran Deveci ve Deveci, 2018: s. 127). göre, örnek olay (case study) yöntemi, alan araştırmalarının bir türü olup belirli bir olayın ayrıntılı biçimde incelenmesine dayanmaktadır. Veri toplama sürecinde sergiye ilişkin görsel materyaller, internet ve sosyal medya kaynakları temel alınmıştır. Elde edilen veriler, Van Gogh'un eserinin yeni medya sanatına dönüşümünü ve immersive sergi deneyimlerinin sanatın üretim, sunum ve izleyiciyle etkileşim biçimlerini nasıl dönüştürdüğünü ortaya koymayı amaçlamaktadır.

4.Bulgular

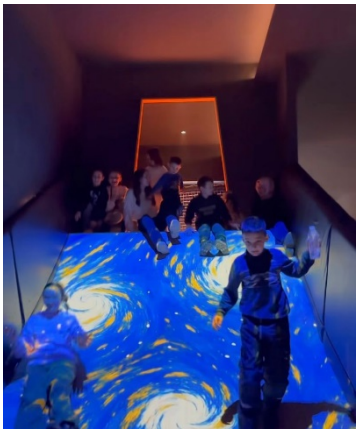
Bulgular, Türkiye'de düzenlenen "Van Gogh: Işığın İzinde" sergisi örneklem olarak ele alınarak elde edilmiştir. Bu kapsamda internet arşivlerinde yer alan görsel materyaller incelenmiş ve sergiye ilişkin veriler betimsel olarak analiz edilip yorumlanmıştır.

Türkiye'de gerçekleştirilen kapsamlı dijital sergilerden biri olan Van Gogh: Işığın İzinde, 23 Ağustos tarihinde izleyiciyle buluşmuştur. Yüksek ziyaretçi sayısına ulaşan ve yoğun ilgi görmesi nedeniyle süresi uzatılan bu sergi, yeni medya sanatının ülkemizdeki güncel örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Sergi, dört farklı deneyim alanı ve bir dijital koridordan oluşmakta olup, her bir bölüm izleyiciye farklı bir deneyim sunacak şekilde kurgulanmıştır.

Dijital Oda'da sanatçının yaşam öyküsü, eserlerinin ardındaki anlatılar ve mektupları üzerinden kurgulanan içerikler, fiziksel ve etkileşimli uygulamalarla desteklenmektedir. Bu alanda ziyaretçiler, sanatçının çocukluk döneminden başlayarak sanatsal kırılma noktalarına kadar uzanan süreci kronolojik bir akış içerisinde deneyimleyebilmektedir. Sanal Gerçeklik Odası'nda ise "Van Gogh'un Paleti" deneyimi aracılığıyla, sanatçının eserleri hayali bir mekânsal kurgu içerisinde, etkileşimli ve çok duyulu bir biçimde sunulmaktadır. Sürükleyici Deneyim Odası, sanatçının eserlerini ve yaşamını dijital anlatılarla birleştirerek mekânsal bir deneyime dönüştürmektedir. Bu bölümde izleyici, sanatçının bilinçaltına yapılan bir yolculukla başlayan anlatı içerisinde, onun üretim süreçlerine eşlik etmektedir. Artırılmış Gerçeklik Odası'nda ise yapay zekâ destekli sistemler aracılığıyla sanatçının eserleri analiz edilmekte ve bu analizler doğrultusunda yeni görsel üretimler oluşturulmaktadır. Bu durum, sanatın dijital teknolojiler aracılığıyla yeniden üretilebildiğini göstermektedir. Serginin son bölümünü oluşturan Dijital Koridor ise, hareketle etkileşime giren yüzeyler ve oyun alanlarıyla izleyiciyi aktif bir deneyimin parçası haline getirmektedir. Bu alan, izleyicinin fiziksel ve dijital ortam arasında etkileşim kurduğu, sergi deneyimini tamamlayan bir geçiş mekanıdır.

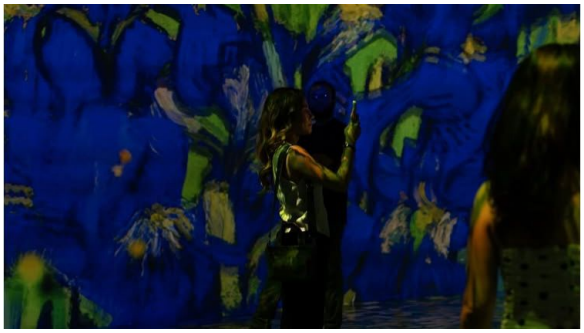
Şekil 1 ve 2. *Van Gogh eserlerinin sürükleyici mekansal deneyimi.*

Görsel 1 ve 2'de, Vincent van Gogh'un İrisler ve Ayçiçekleri adlı eserlerinin dijital projeksiyonlar aracılığıyla mekâna yansıtıldığı sürükleyici bir sergi deneyimi görülmektedir. Eserlerin iki boyutlu yüzeyden çıkarılarak duvar ve zemin boyunca geniş ölçekli bir biçimde sunulması, görsel anlatının mekânsal bir deneyime dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Bu iki örnek, sergi kapsamında yer alan diğer eserlerin de benzer biçimde dijital ortamda yeniden üretilerek izleyiciye çok duyulu ve etkileşimli bir deneyim sunulduğunu temsil etmektedir. Renk kullanımının mekânın tamamına yayılmasıyla oluşturulan atmosfer, izleyici üzerinde güçlü bir görsel etki yaratmakta ve geleneksel resim sanatını yeni medya bağlamında yeniden yorumlamaktadır. Özellikle İrisler eserindeki yoğun mavi ve yeşil tonlar ile Ayçiçeklerindeki sıcak sarı tonların mekâna hâkim olması, her iki eserin duygusal etkisinin dijital ortamda da sürdürüldüğünü göstermektedir. Bu durum, görsel anlatının yalnızca izlenen bir unsur olmaktan çıkarak deneyimlenen bir yapıya dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Ayrıca izleyicilerin mekân içerisindeki konumlanışları, bu tür sergilerin bireyi pasif izleyici konumundan çıkararak deneyimin bir parçası haline getirdiğini göstermektedir.



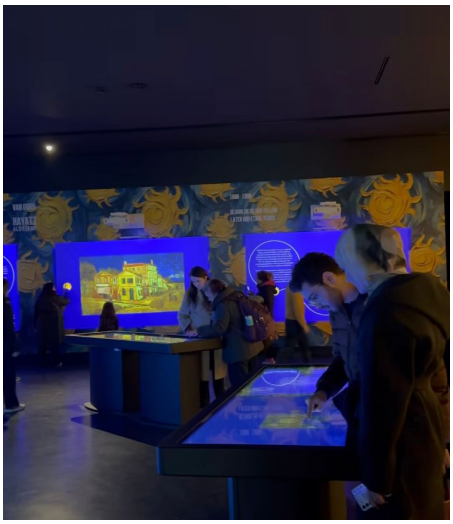
Şekil 3.4 ve 5. *Çocukların yeni medya sanatı ile etkileşimi.*

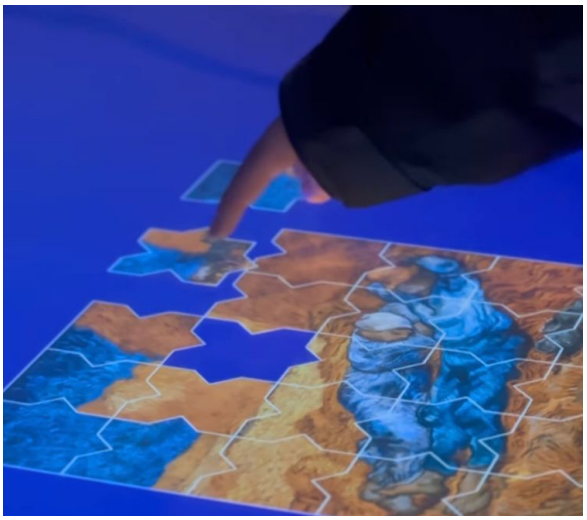
Görüldüğü üzere, sergi ortamında çocukların deneyimle doğrudan etkileşim kurduğu gözlemlenmektedir. Bu sanat ortamı sayesinde çocuklar hem yeni medya teknolojileriyle hem de Vincent van Gogh'un eşsiz sanatıyla tanışarak bu sanatı farklı bir pencereden gözlemleyebilmektedir.



Şekil 6. *Immersive sergi ortamında izleyici etkileşimi.*

Görsel 6'da, Vincent van Gogh'un eserlerinin dijital projeksiyonlarla mekâna yansıtıldığı sergi ortamında bir izleyicinin cep telefonu ile görüntü aldığı görülmektedir. İzleyicinin esere yakın konumlanması ve bu anı kayıt altına alması, deneyimle kurulan bireysel ilişkinin bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Bu durum, ziyaretçilerin sergi deneyimini hatırlamak ve kişisel bir anı olarak saklamak istemeleriyle ilişkili olabileceği gibi, deneyimin dijital ortamlarda paylaşılabilir bir içerik haline gelmesiyle de bağlantılı düşünülebilir.





Şekil 7 ve 8. *İnteraktif uygulamalar deneyimi.*

Verilen görsellerde, Vincent van Gogh'un eserlerinden esinlenilerek oluşturulan interaktif dijital oyun alanları izleyicilerin dokunmatik yüzeyler aracılığıyla dijital içeriklerle etkileşime girdiği ve deneyimin aktif bir parçası haline geldiği dikkat çekmektedir. Özellikle Görsel 8'de yer alan dokunsal etkileşim, izleyiciyi yönlendiren ve deneyimi şekillendiren bir konuma geçtiğini göstermektedir. Söz konusu interaktif uygulamalar, yeni medya sanatının katılımcı yapısını ortaya koymaktadır. İzleyicinin dikkatini çekerek sanat deneyimini bireysel keşif sürecine dönüştürmektedir. İzleyicinin fiziksel katılımı ile gerçekleşen deneyim, geleneksel sergi anlayışından farklı olarak daha dinamik ve çok yönlü bir etkileşim alanı sunmaktadır.

5.Sonuç

Farklı üslubu ve özgün sanat diliyle güncel sanat ve yeni medyayı etkilemeye devam eden Vincent van Gogh, eserlerinde yansıttığı ruhsal ve duygusal yoğunluğu fırça darbeleri aracılığıyla tuvale aktararak güçlü bir görsel anlatı ortaya koymuştur. Sanatçının bu ifade biçimi, günümüz teknoloji çağında yeni medya sanatına ilham veren önemli bir kaynak haline gelmiştir. Özellikle dijital teknolojiler aracılığıyla gerçekleştirilen yeniden üretimlerde, geleneksel sanatın olanaklarının günümüz medya ortamına başarılı bir şekilde uyarlandığı görülmektedir. Bu durumda immersive sergiler, Vincent van Gogh'un eserlerini izleyicinin deneyimleyebileceği çok duyulu ortamlara dönüştürmektedir. Görsel açıdan etkileyici yapılarıyla hem izleyiciyi etkilemekte hem de sanatçıyla ilk kez karşılaşan bireylere onun özgün sanat dilini aktarmaktadır. Ayrıca immersive sanat ortamlarının çocukların sanatla kurduğu etkileşimi güçlendirdiğini ve yeni medya teknolojileri aracılığıyla sanatsal deneyimi daha erişilebilir ve kalıcı bir öğrenme sürecine dönüştürdüğünü göstermektedir.

Bu tür sergi ortamlarında izleyicinin deneyimi kayıt altına alma eğilimi, sanatla kurulan bireysel ilişkinin bir uzantısı olarak değerlendirilebileceği gibi, bu deneyimlerin dijital ortamlarda yeniden paylaşılabilir bir içerik haline gelmesine de olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, yeni medya sanatı kapsamında gerçekleştirilen bu tür uygulamalar, geleneksel sanatın dijital çağda yeniden yorumlanmasını mümkün kılarken, aynı zamanda sanatın anlamı, işlevi ve izleyici ile kurduğu ilişki üzerine yeniden düşünülmesini gerektirmektedir. Van Gogh'un eserlerinden esinlenen interaktif dijital uygulamalar ise, izleyiciyi farklı deneyimlere sürükleyerek ortamda vakit

geçirme imkânını arttırarak, dokunsal etkileşim aracılığıyla sürecin daha aktif bir parçası haline getirmekte ve sanat deneyimini daha etkileşimli ve katılımcı bir yapıya dönüştürmektedir.

Bu bağlamda, gelecekte gerçekleştirilecek çalışmaların yalnızca teknolojik olanaklara değil, aynı zamanda içerik, anlatı derinliği ve izleyici deneyiminin niteliğine odaklanması önem taşımaktadır. **Sonuç olarak dijital çağda sanat, geleneksel sanatın yeniden tanımlanmasını sağlayan bir deneyim alanı olarak ortaya karşımıza çıkmaktadır.**

Kaynakça

Aslan, T. ve Eryılmaz, B. E. (2020). "Günümüz Sanatında Tüketim Nesnesi Olarak Sanat Eseri". *Journal of History School*, 49: 4531-4548.

Altunay, A. (2015). "Bir Sosyalleşme Aracı Olarak Yeni Medya". *Selçuk İletişim*, 9(1), 410–428.

Arıkan, R. (2013). Araştırma Yöntem ve Teknikleri, (Geliştirilmiş 2. Baskı), Ankara: Nobel Yayıncılık.

Boztepe, S. (2021). "Medya sanatı bağlamında Türkiye'de büyük veri tabanlı ağ haritalama uygulamaları". *Journal of Arts*, 4(3): 131-138.

Becer, E. (2009). İletişim ve Grafik Tasarım.Ankara: Dost yayınevi.

Doğan, S. (2024). *Dijital Sanatta Sürükleyici Teknolojiler; Refik Anadol, Yaşayan Mimari: Casa Batlló ve Instagram İçerik Etkileşimi*. Hasan Kalyoncu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.

Deveci, B. ve Deveci, B. (2018). "Örnek olay çalışmasına ilişkin teorik bir değerlendirme". *Social Sciences Studies Journal*, 4(13): 126-135.

Gece, Ş. (2023). "Modern ve Soyut Sanata İlham Veren Bir Ressam: Vincent van Gogh". *Kalemname*, 8(15): 48-59.

Özel Sağlamtimur, Z. (2017). "Yeni Medya Sanatı ve Fotoğraf". *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 82–100.

Şen Atiker, E. (2024). "Sergileme Tasarımında Çoklu Duyusal Deneyimler: Van Gogh The Immersive Experience Sergisi". *Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 209–228.

Teker, U. (2009). Grafik Tasarım ve Reklam.İstanbul: Yorum Sanat.

Gombrich, E. H. (2015). Sanatın Öyküsü. İstanbul: Remzi Kitapevi.

Vincent van Gogh, Theo'ya Mektuplar, çev. Azra Erhat. İstanbul: Remzi Kitabevi Yayınları.

İnternet Kaynakları

Kültür İstanbul. (t.y.). *Van Gogh: Işığın İzinde sergisi ziyaretçi rekoru kırdı*. https://kultur.istanbul/van-gogh-isigin-izinde-sergisi-ziyaretci-rekoru-kirdi/

Şekil 1. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 27.04.2026)

Şekil 2. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 27.04.2026)

Şekil 3. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 28.04.2026)

Şekil 4. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 28.04.2026)

Şekil 5. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 28.04.2026)

Şekil 6. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 30.04.2026)

Şekil 7. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 30.04.2026)

Şekil 8. İBB Kültür AŞ. (2025). "Van Gogh Işığın İzinde sergisi". https://www.instagram.com/ibbdijitaldeneyimmerkezi?igsh=MjdueHFkMDQwcmJu (Erişim tarihi: 30.04.2026)

DEVELOPMENT OF A "DO-IT-YOURSELF" (DIY) SKY QUALITY METER PROTOTYPE FOR MEASURING AND ANALYZING LIGHT POLLUTION ON THE YOZGAT BOZOK UNIVERSITY CAMPUS

Şevval KAYMAZ[1]
Dr. Öğr. Üyesi Metin YALVAÇ[2]

Abstract

Light pollution, which has become a widespread problem in the modern world, is not simply the presence of "too much light" in the environment; it is the disruption of natural night darkness because of the misuse of light in the wrong place, time, and amount (Aslan, 2019: p. 2). Artificial night lighting has become an indispensable component of modern urban life; however, its excessive and uncontrolled use has led to a significant increase in light pollution (Falchi et al., 2016: p. 1). This project, designed to analyze this globally increasing issue, is part of the TÜBİTAK 2209-A program and aims to measure and analyze light pollution levels on the Yozgat Bozok University campus using a "Do-It-Yourself" (DIY) SQM device (Falchi et al., 2016: p. 1; Cinzano et al., 2001: p. 1). A literature review reveals that previous studies predominantly utilized commercial Sky Quality Meter (SQM) devices. However, the high cost of commercial SQM devices has limited their suitability for large-scale measurements (Fielder and Comeau, 2000; Walczak et al., 2021: pp. 8-9). Therefore, this study aims to develop a low-cost SQM prototype. Our initial field tests demonstrate that the system functions as a viable and cost-effective alternative. Due to project cost constraints, the commercial device was not purchased for calibration; however, commercial equipment will be borrowed from scholars conducting light pollution studies in Turkey. During the data collection process, the campus area was divided into evenly spaced grids, and measurements were taken on cloudless, moonless nights. The raw data obtained were converted to mag/arcsecond², the unit of sky brightness, using instrument calibration and correction algorithms. Based on these data, the aim is to determine local lighting levels within the campus in more detail.

Keywords: *Geographic Information Systems (GIS), Light Pollution, Low-Cost Prototyping, Photometric Measurement, Sky Quality Meter (SQM)*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, verakaymaz@gmail.com
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, metin.yalvac@bozok.edu.tr

1. Introduction

Light pollution is the degradation of the levels of natural light in the environment through the use of artificial lights produced by humans (Aslan, 2019: p. 2). Road and street lighting, billboards, architectural lighting, and vehicle headlights are the main sources of light pollution (Ansarı, 2013: p. 4). Furthermore, this pollution is also caused by light reflected from satellites and space debris (Borlaff et al., 2025: p. 2). Light pollution comprising artificial skyglow, glare, light trespass, and over-illumination exerts profound adverse impacts on astronomical observation, human physiology, economic efficiency, and ecological stability (Ansarı, 2013: pp. 4-6). In light of these negative effects, the growing awareness of the consequences of light pollution has made it necessary to conduct systematic measurements and rigorous studies of this phenomenon (Zamorano et al., 2017: pp. 1-4). Our motivation for this research was the lack of previous studies on light pollution in Yozgat and our observation that commercial devices were used in studies conducted within Turkey; however, the project costs did not allow this, which inspired us to build our own device.

Sky Quality Meters (SQM) are portable, high-precision photometric measuring instruments designed to measure night sky brightness (Cinzano, 2005: p. 2). Sky brightness measurements using SQM devices have been successfully applied in the literature before. Ground-based monitoring in Turkish cities, such as Eskişehir and Gaziantep, has successfully demonstrated the correlation between expanding urbanization and increasing sky brightness (Özdemir and Haksever, 2025: pp. 32-37; Latifoğlu and Özdemir, 2021: p. 162). For instance, studies conducted in Eskişehir since 2012 have revealed the impact of urbanization on sky brightness with concrete data (Özdemir and Haksever, 2025: pp. 32-37).

The lack of any measurements on light pollution in the city of Yozgat and the high cost of commercial equipment used in existing studies formed the basis of this project. Since the difficulty in accessing commercial equipment hinders the establishment of large-scale measurement networks, this study was conceived with the motivation of developing a low-cost and original device that would enable the collection of local data.

The project aims to create a DIY SQM device that is low-cost, portable, and accessible. The proposed system offers an infrastructure that is applicable, replicable, and expandable in different regions. A prototype has been built using a TSL2591 high dynamic range light sensor, an infrared cutoff filter (BG39) to limit the spectral response to the 400–650 nm range, an M12 lens (12 mm), and an ESP32 microcontroller, and initial field tests have been conducted. The initial data indicate that the system can be implemented as a low-cost alternative. Local measurement data were generated, contributing to filling the data gap in the literature. In line with the project's goals of accessibility and low cost, the calibration of the developed device will be verified using the sensor's frequency-brightness conversion characteristics, with commercial SQM devices borrowed from academics conducting light pollution studies in Turkey. This project describes the hardware structure and operating principle of the developed measurement system, presents the field measurements performed, and evaluates the obtained data in terms of light pollution.

2. Methods

The main research question of this study is to investigate the usability of a low-cost, do-it-yourself Sky Quality Meter (SQM) system in reliably measuring night sky brightness and determining light pollution levels. The study also aims to compare light pollution levels in different regions through measurements taken on the Yozgat Bozok University campus and to evaluate the compatibility of the data obtained with measurements made using commercially available SQM devices in the literature.

The methodology used in the research is based on designing a portable, high-precision, and low-cost SQM device capable of measuring sky brightness, creating its electronic hardware, and conducting field measurements. The prototype consists of an ESP32 microcontroller as the main processing unit, a TSL2591 digital light sensor with light detection capacity, a BG39 optical filter that optimizes spectral sensitivity, and an OLED display module for data visualization. The TSL2591 sensor was chosen because of its ability to make accurate measurements even at very low light levels (Winona State University, 2015: pp. 2-5). The BG39 optical filter was used to bring the

measurement closer to that of the human eye (Zamorano et al., 2016: p. 1). A display module is used for real-time monitoring of measurement data, and the system is configured with battery support for portability. The designed hardware architecture and the placement of the components are shown in Fig. 1. The SQM devices measure the zenith region of the sky, i.e., the highest point, with an approximate viewing angle of 20° (Yılmaz and Özdemir, 2021: pp. 38-43). In the developed system, this viewing angle is limited by a lens structure placed in front of the sensor. The main reason for having a viewing angle of 20 ° is to accurately measure the brightness of the highest point of the sky without being affected by light pollution sources (Wesołowski, 2023: pp. 1-10).

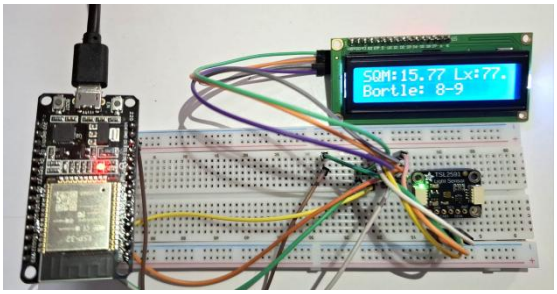


Figure 1. The first prototype developed

The device's operating principle begins with the photon flux in the environment passing through the BG39 infrared cut (IR-cut) filter before reaching the sensor surface; this filter minimizes unwanted infrared signals, allowing the sensor to provide a spectral response closer to the perception of the human eye (Hänel et al., 2018: pp. 278-290). The TSL2591 sensor converts the incident light intensity directly into a digital signal via an integrated analog-to-digital converter (ADC) and separates this raw data into dual channels (full spectrum and infrared) (Winona State University, 2015: pp. 2-5). The obtained digital data is transmitted at high speed to the ESP32 microcontroller using the I2C (Inter-Integrated Circuit) communication protocol (Espressif Systems, 2026: p. 389). The software running on the microcontroller uses logarithmic calibration algorithms to convert this raw data into SQM values in magnitude per arcsecond squared (mag/arcsec²), an astronomical unit (Bará et al., 2019: pp. 1-10). The final data is displayed simultaneously on an OLED screen to provide the user with instant feedback, while it is saved to system memory or a connected storage unit for later analysis.

Measurements were evaluated in mag/arcsec², the basic unit for light pollution. Sky brightness is expressed in mag/arcsec², where higher values indicate darker skies. (Bará et al., 2019: pp. 1-10). The Bortle Scale is used to classify light pollution; on this scale, 1 represents the darkest sky, and 9 represents intense urban light pollution (Bortle, 2001: p. 126). The SQM device expresses the brightness of the sky in mag/arcsec², and these values are subsequently mapped to the Bortle Scale (ranging from 1 to 9) to classify local light pollution levels (Bará et al., 2019: pp. 1-10).

The device's measurements will not be impacted by artificial lighting, since the measurements will occur in open areas perpendicular to the sky, so that no direct sunlight is present at the time of measurement. Environmental factors that could impact the measurements will be minimized by measuring at similar time intervals and, if possible, measuring on the same day(s) in similar weather conditions, to minimize environmental confounding variables. To define the location of measurement points, Yozgat Bozok University campus will be defined as a seven-by-seven grid (total of 49); therefore, there will be multiple points of data collected at each measurement site, and the average of those multiple measurements taken at one site will reduce systematic measurement errors. The resulting grid layout and the designated measurement locations are illustrated in Fig. 2.

Although the campus area was initially divided into a 7×7 grid structure, measurements were not taken at all 49 nodes. Instead, representative sampling was used to remove similar areas with the same environmental and lighting conditions. This method cut down the number of measurement points while keeping the spatial distribution of light pollution across the campus. The collected data will be stored with location information and then transferred to Geographic Information Systems software, and the analysis will be conducted and presented on the analysis of the spatial distribution of the sky brightness across the campus.

Figure 2. Yozgat Bozok University campus area is divided into a 7x7 grid structure.

3. Software Algorithm and Data Validation Process

To ensure that all data obtained from different parts of a system functions reliably and can be interpreted meaningfully, a two-part check and change algorithm is written into the computational architecture. It provided a method of removing errors due to instrument readings as well as processing the collected data in compliance with astronomical observation requirements.

3.1. Conditional Data Filtering and Sensor Stability Analysis

To validate data produced by the TSL2591 digital light sensor, a conditional check (if-statement) was developed to determine whether sensor data was valid. This method of evaluation was created to prevent false data from sensor readings occurring when the ambient lighting conditions were low or near the limits of acceptable operation of the sensor.

To evaluate the lower limit of sensor data (lux levels > 0): Regarding the mathematical constraints of the algorithm, lux values less than or equal to zero are filtered out to avoid undefined logarithmic calculations. Therefore, only positive lux values were processed to keep the TSL2591 data processing within the confines of mathematical definition and to ensure the greatest degree of computational stability.

To Evaluate Saturation of Sensor Data (full-spectrum readings above 65535): The TSL2591 is a digital light sensor that uses a 16-bit analog-to-digital converter (ADC), and if the full-spectrum reading reaches a value greater than 65535, it indicates that the light sensor has reached the saturation point and therefore cannot be counted as a linear value. For this reason, values that were determined to have reached their saturation points were not included in the resulting measurements since data integrity and reliability of measurement could not be guaranteed once data exceeded the sensors' capacity to deliver a linear output.

3.2. Logarithmic Calibration and Astronomical Unit Conversion

The illumination data (Lux) that successfully passed the filtering stage were converted into the internationally recognized Sky Quality Meter (SQM) unit, expressed as magnitudes per square arcsecond (mag/arcsec²). This conversion was performed using a logarithmic model derived from the Pogson astronomical magnitude equation (Rabaza et al., 2010):

$$SQM = Z_p - 2.5 \cdot \log_{10}(\text{Lux}) \quad (1)$$

The term $2.5 \cdot \log_{10}(\text{Lux})$ in the SQM formula, calculated using equation (1), represents the logarithmic response of how our eyes perceive light intensity; it refers specifically to how astronomical brightness is measured on a logarithmic scale (Bará et al., 2019). As ambient light decreases, the size of the visible bright sky increases (Cinzano, 2005: p. 2). The calibration constant Z_p(20.5) in equation (1) is experimentally determined as the

photometric zero point of the system, taking into account the spectral sensitivity of the sensor, the transmissions of the optical filters, and losses due to the geometric structure of the prototype enclosure (Bará et al., 2019).

The developed logarithmic conversion algorithm was implemented directly in the Arduino IDE environment using embedded C/C++. The corresponding code structure for SQM calculation and sensor validation is presented below. As a result, the algorithm is not only configured to process the raw sensor outputs but also performs data validation, error filtering, and astronomical conversions to provide a robust framework for reliably measuring the night sky and artificial light pollution according to the international observational standard.

In the implemented software architecture, as shown in the Arduino IDE code provided in Figure 3, the algorithm first validates the sensor readings by checking both the lower illumination threshold (lux > 0) and the sensor saturation condition (full < 65535) (Karpińska & Kunz, 2022). After successful validation, the measured illuminance value is converted into the astronomical SQM unit using the logarithmic calibration equation (Bará et al., 2020) derived from the Pogson magnitude scale (Rabaza et al., 2010).

```
if (lux > 0 && full < 65535) {
  // SQM Formula (Calibration value: 20.5)
  float sqm = 20.5 - (2.5 * log10(lux));
```

Figure 3. The SQM formula in the Arduino IDE software.

4. Results and Discussion

The developed SQM prototype is currently being tested in the lab. While current evaluations are laboratory-based, preliminary outdoor trials indicate that the prototype effectively responds to variations in ambient light. The initial results show that the low-cost SQM can measure changes in ambient light levels and that our measurement technique works. Therefore, the prototype has potential value as an initial study to collect light pollution data within the Yozgat area. To improve SQM's performance and expand its measurement capabilities, further enhancements will be made by adding more sensor modules. Specifically, adding a DS1307 Real-Time Clock (RTC) module will allow us to accurately time-stamp measurements, while using I2C-based environmental sensors like the BME280 will enable us to simultaneously gather temperature, humidity, and air pressure data. These upgrades will enhance data quality, allow for the correlation of multiple parameters, and increase the reliability of long-term observational datasets.

5. Conclusion

The development of a low-cost portable instrument to measure the brightness of the night sky, as well as the level of light pollution, was accomplished in this study, and a proof of concept was developed to demonstrate that measurements of the night sky can be taken using simple/easily obtainable electronic components and embedded system technology. The prototypes produced will provide stable and reliable data for both educational and observational uses. These results indicate that low-cost and custom measurement instruments can enable light pollution monitoring while promoting greater participation in the field of observational astronomy research.

Acknowledgment

The authors thank the Yozgat Bozok University YEKUT Laboratory for its academic support and resources during this study. They also express their gratitude to the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) for backing undergraduate research and promoting student-led scientific projects through the 2209-A Research Projects Support Programme.

References

Ansarı, B. K. (2013). "Light Pollution (Darkness Pollution) and Effects on the Environment". *Journal of the Faculty of Agriculture, Çukurova University*, 28(1): 2-5.

Aslan, Z. (2019). "Işık kirliliği; Öğretmenlerimizle Türkiye'de Yaptığımız Çalışmalar". *Anatolia Teachers' Journal*, 3(2): 2.

Bará, S., Aubé, M., Barentine, J., & Zamorano, J. (2020). Magnitude to luminance conversions and visual brightness of the night sky. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 493(1): 1153.

Bará, S. et al. (2019). "Absolute Radiometric Calibration of TESS-W and SQM Night Sky Brightness Sensors". Sensors, 19(6): 1336; pp. 1-10.

Borlaff, A. S., Marcum, P. M., and Howell, S. B. (2025). "Satellite megaconstellations will threaten space-based astronomy". *Nature*, 648: 1-2.

Bortle, J. E. (2001). "Introducing the Bortle Dark-Sky Scale". *Sky & Telescope*, 101(2): 126.

Cinzano, P. (2005). "Night Sky Photometry with Sky Quality Meter". *Ist. di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso (ISTIL)*, Internal Report, 9(4): 2.

Cinzano, P., Falchi, F. and Elvidge, C. D. (2001). "The first World Atlas of the artificial night sky brightness". *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 328(3): 1.

Espressif Systems (2026). "ESP32 Technical Reference Manual". Version 5.7, p. 389.

Falchi, F. et al. (2016). "The new world atlas of artificial night sky brightness". *Science Advances*, 2(6): 1.

Fielder, P. and Comeau, P. (2000). "Construction and Testing of an Inexpensive PAR Sensor". *British Columbia Ministry of Forests*.

Hänel, A. et al. (2018). "Measuring night sky brightness: methods and challenges". *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, 205: 278-290.

Karpińska, D., & Kunz, M. (2022). Device for automatic measurement of light pollution of the night sky. *Research Square Platform LLC*.

Latifoğlu, K. and Özdemir, T. (2021). "Işık Kirliliği Ölçümü; Gaziantep Örneği". *Proc. 2nd Int. Baku Conf. Scientific Research*.

Özdemir, T. and Haksever, M. (2025). "Işık Kirliliği: Eskişehir Örnek Uygulaması". *ISPEC J. Sci. Inst.*, 4(1): 26-39.

Rabaza, O., Galadí-Enríquez, D., Estrella, A. E., & Dols, F. A. (2010). All-Sky brightness monitoring of light pollution with astronomical methods. *Journal of Environmental Management*, 91(6), 1278-1287.

Walczak, K. et al. (2021). "The GONet (Ground Observation Network) Camera: An Inexpensive Light Pollution Monitoring System". *Adler Planetarium Tech. Rep.*, 23(1): 8-9.

Wesołowski, M. (2023). "The increase in the surface brightness of the night sky and its importance in visual astronomical observations". *Scientific Reports*, 13: 1-10

Winona State University (2015). "The 15th Winona Computer Science Undergraduate Research Symposium". Winona State Univ., 2-5.

Yılmaz, A. and Özdemir, T. (2021). "Measurement and Determination of Light Pollution: Case Study of Malatya City". *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics (TJAA)*, 2(1): 38-43.

Zamorano, J. et al. (2016). "STARS4ALL European Photometer Network Night Sky brightness photometer". *STARS4ALL*, 1.

Zamorano, J. et al. (2017). "STARS4ALL, a Light Pollution Awareness project". *Proc. Highlights of Spanish Astrophysics IX*, 1-4.

YAPAY ARI KOLONİSİ ALGORİTMASI İLE KOSİNÜS MODÜLELİ FİLTRE BANKASI TASARIMI

COSINE MODULATED FILTER BANK DESING USING ARTIFICIAL BEE COLONY ALGORITHM

Dr. Öğr. Üyesi Türker KOZA[1]
Samet SAVACI[2]

Özet

Kosinüs modüleli süzgeç bankası (cosine modulated filter bank, CMFB) tasarımında bir prototip süzgeç tasarımı gerçekleştirilerek diğer süzgeçlerin tasarımları prototip süzgecin kosinüs modülasyonları şeklinde elde edilmektedir. Literatürde, CMFB tasarımlarında genellikle prototip süzgecin frekans cevabının performansı dikkate alınmıştır. Bu çalışmada CMFB prototip süzgeç tasarımı belirli bir işaret için gerçekleştirilerek gerçekleştirilmişti. CMFB giriş ve çıkış işaretlerinin korelasyonu dikkate alınarak gerçekleştirilen tasarımda süzgeç bankası Hamming pencere fonksiyonu kullanılmıştır. Tasarımda pencere fonksiyonu parametreleri sezgisel bir algoritma olan yapay arı koloni (Artificial bee colony ABC) algoritması ile tasarlanmıştır. Farklı süzgeç uzunlukları ve farklı alt bant için tasarım sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler geçmiş çalışmalar ile karşılaştırılarak tasarlanan yapının daha yüksek performanslı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankası, Yapay Arı Koloni Algoritması, Hamming Pencere Fonksiyonu,*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, turker.koza@yobu.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, smtsvc66@gmail.com

Abstract

Text In the design of a cosine-modulated filter bank (CMFB), a prototype filter design is implemented, and the designs of the other filters are obtained as cosine modulations of the prototype filter. In the literature, CMFB designs generally consider the performance of the prototype filter's frequency response. In this study, the CMFB prototype filter design was implemented for a specific signal. The design, which considered the correlation of the CMFB input and output signals, utilized the Hamming window function as the filter bank. The window function parameters were designed using the Artificial Bee Colony (ABC) algorithm, a heuristic algorithm. The design results were compared and evaluated for different filter lengths and sub-bands. Comparing the obtained data with previous studies, it was observed that the designed structure exhibited higher performance.

Keywords: *Cosine Modulated Filter Bank, Artificial Bee Colony Algorithm, Hamming Window*

1. Giriş

Sayısal işaret işlemede genellikle sistemin girişinden çıkışına kadar tek bir örnekleme frekansının (sampling rate) kullanıldığı varsayılır. Ancak sayısal işaret işlemede bir işareti te bu durum her zaman pratik veya verimli değildir. Çoklu hızlı sistemler (multirate systems), bir işaret işleme zincirinin farklı bölümlerinde birden fazla farklı örnekleme frekansının kullanıldığı donanım ve yazılım mimarileridir. Böylece bir işareti işlemek için sadece ihtiyaç duyduğumuz kadar örnekleme hızını kullanabiliriz. Gereksiz yüksek hızlarda çalışmak işlemci yükünü, güç tüketimini ve bellek ihtiyacını artırır. Çoklu hızlı sistemler, veriyi her aşamada en uygun ve en düşük frekansta işleyerek büyük bir hesaplama tasarrufu sağlar (Mitra, 2009, s.55-65).

Bu sistemler iki yapı üzerinden tanımlanabilir: Seyreltme (Decimation / Downsampling) ve Ara Değerleme (Interpolation / Upsampling) (Metins, 1999, s 201-223). Seyreltme (Decimation / Downsampling) işlemi bir işaretin örnekleme frekansını düşürme işlemidir. Yüksek hızda örneklenmiş bir işareti daha düşük bir hıza çekmek için kullanılır. Seyreltme işlemi aşağı örnekleyici (downsampler) ve örtüşme önleyici süzgeç (Anti-Aliasing Filter) yapılarından oluşur.

Aşağı örnekleme işlemi giriş işaretindeki örnekleme oranını M oranında azaltarak yeni bir örnekleme oranı elde etmemizi sağlar. Örnekleme oranının düşürülmesi Nyquist teoreminden de bilineceği üzere işaretin frekans spektrumunda yüksek frekanslı işaretlerin düşük frekanslı işaretler ile çakışmasına neden olur. Bu durumun önüne geçmek için bir alçak geçiren süzgeç kullanılarak işaretin frekansının bant genişliği sınırlandırılır (Milic, 2009, s. 321-345). Ara Değerleme (Interpolation / Upsampling) işleminde kısaca seyreltme işlemindeki yapının tersi olarak kabul edebiliriz. Bu işlem Şekil 1.2 üzerinde görülmektedir ve bir işaretin örnekleme frekansını artırma işlemidir. Düşük örnekleme hızına sahip bir sinyali, daha yüksek hızda çalışan başka bir sisteme uyarlamak için kullanılır. Yukarı örnekleme işleminde giriş işaretindeki örnekleme oranını M oranında artırarak yeni bir örnekleme oranı elde etmemizi sağlar. Örnekleme oranının artırılması işlemi frekans ekseninde sinyalin kopyalarının (görüntüler/images) oluşmasına neden olur. İşaretin frekans spektrumunda oluşan kopyalarının önüne geçmek için bir süzgeç kullanılmaktadır (Vaidyanathan, P.P, 1993).

Çoklu hıza sahip sistemler sayesinde bir giriş sinyalini farklı frekans bileşenlerine (alt bantlara) ayırmak veya bu alt bantları birleştirerek tek bir sinyal oluşturmak mümkün hale gelmektedir. Bu tür yapılara da süzgeç bankaları (filter bank) adı verilmektedir. Sayısal süzgeç bankaları tasarım ve mimari yapılarına göre Çeşitli alt dallara ayrılmakla birlikte bu çalışmada kosinüs modüleli süzgeç bankası (Cosine Modulated Filter Bank, CMFB) incelencektir.

2. CMFB ve ABC Algoritması

2.1. Kosinüs Modüleli Filtre Bankası

Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankaları (CMFB), tek bir düşük geçiren prototip süzgecinin kosinüs fonksiyonları ile modüle edilmesiyle oluşturulan, hesaplama açısından verimli, çok kanallı (M-kanal) süzgeç yapılarıdır. Her bant için ayrı süzgeç tasarlamak yerine, bir prototip süzgeç tasarlanır ve diğerleri prototip süzgecinin kosinüs modülasyonları şeklinde dönüşümü ile elde edillir. Böylece, hesaplama maliyeti ciddi oranda düşürülür. En yaygın kullanım alanı ses sıkıştırma (örneğin MP3 ve AAC formatlarındaki modifiye edilmiş ayrık kosinüs dönüşümü - MDCT) ve görüntü işleme teknolojileridir (Britanak, V., Rao K R. 2017)

CMFB tasarımı bir prototip süzgeç tasarımı problemidir. Burada prototip süzgeç elde edildikten sonra işaretin alt bantlara ayrıldığı analiz ve işaretin tekrar birleştirildiği sentez süzgeç bankası, prototip süzgecin kosinüs modülasyonları ile elde edilmesiyle gerçekleştirilir (Ozdemir G., Karaboga N., 2019).

Denklem 1 ve denklem 2'de gösterildiği üzere CMFB'de, tüm analiz süzgeçleri hk(n) ve sentez süzgeçleri fk(n) prototip süzgeç ve kosinüs modülasyonundan türetilmiştir:

$$h_k(n) = 2 \cdot h\,(n) \cdot \cos\left[(2k+1)\frac{\pi}{2M}\left(n-\frac{N}{2}\right) + (-1)^k\frac{\pi}{4}\right] \quad (1)$$

.

$$f_k(n) = 2 \cdot h\,(n) \cdot \cos\left[(2k+1)\frac{\pi}{2M}\left(n-\frac{N}{2}\right) + (-1)^{k\frac{\pi}{4}}\right] \quad (2)$$

Denklem 1'de analiz süzgeçlerin, denklem 2'de ise sentez süzgeç denklemlerinin h(n) ile gösterilen prototip süzgeçten elde edilme yöntemi gösterilmiştir.

$$0 \le n \le N-1$$

$$0 \le k \le M-1$$

Burada hk(n) analiz süzgeci, h(n) prototip süzgecinin dürtü yanıtının katsayıları, M kanal sayısı, fk(n) sentez süzgeci ve N genellikle süzgeç uzunluğu olarak adlandırılır. (Milic 2009). z ekseninde, giriş sinyali X(z) ile çıkış sinyali Y(z) arasındaki ilişki denklem 3'te verilmiştir:

$$Y\,(z) \;=\; T_0(z)\,X(z) \;+\; \sum_{l=1}^{M-1} T_l\,(z)\,X\,(ze^{-j2\pi l/M}) \quad (3)$$

Buradan M kanal CMFB bozulma transfer fonksiyonu denklem 4 ve M kanal CMFB bozulma örtüşme transfer fonksiyonu ise denklem 5 ile ifade edilmektedir.

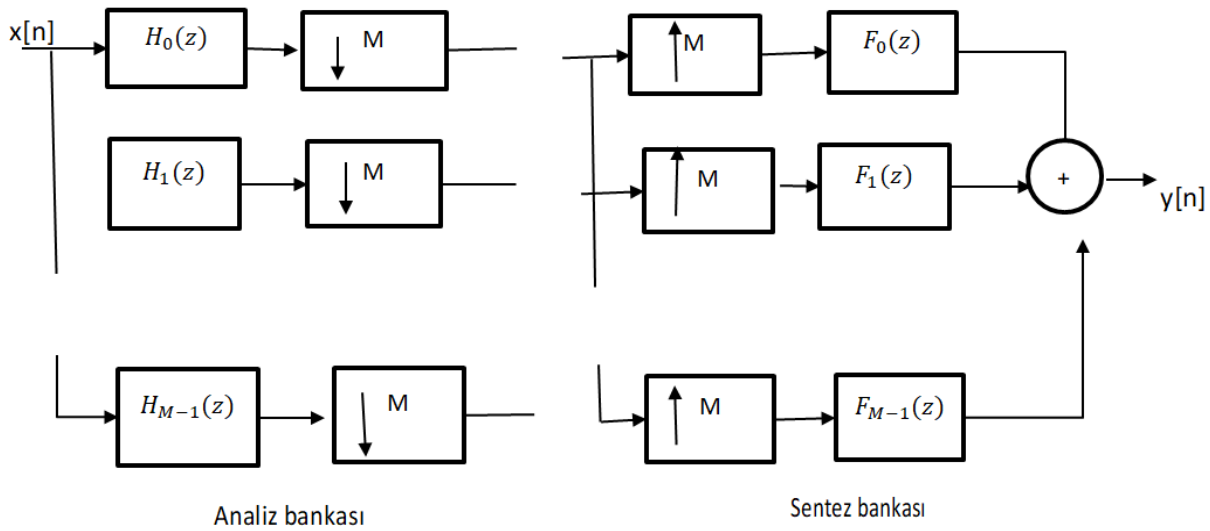
$$T_0(z) = \frac{1}{M}\sum_{k=0}^{M-1} F_k\,(z)\,H_k(z) \quad (4)$$

$$T_l(z) \;=\; \frac{1}{M}\sum_{k=0}^{M-1} F_k\,(z)\,H_k(ze^{-j2\pi/M}),\, l \;=\; 1,2\,....M-1 \quad (5)$$

Denklem 4 ve 5'te T0 (z) bozulma transfer fonksiyonudur ve Tl (z) aşağıdaki durumlarda örtüşme transfer fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Böylece analiz ve sentez süzgeç bankaları Denklem 6'da görüleceği gibi yazılabilir:

$$H_k(z) \;=\; \sum_{n=0}^{N-1} h_k\,(n)z^{-n} \qquad ve \qquad F_k(z) \;=\; \sum_{N=0}^{N-1} f_k\,(n)z^{-n} \quad (6)$$

Burada $H_k(z)$ analiz süzgeç bankasını, $F_k(z)$ ise sentez süzgeç bankasını ifade etmektedir. CMFB yapısı analiz ve sentez süzgeç yapıları kullanılarak elde edilmektedir. Şekil 1 'de M kanallı CMFB yapısı gösterilmektedir



Şekil 1. M kanal CMFB yapısı

2.2. CMFB değerlendirme kriterleri

Kosinüs modüleli süzgeç banka tasarımlarının performanslarını değerlendirmek için tasarıma göre değişiklik gösteren çeşitli parametreler kullanılmaktadır. Bu parametrelerden bu çalışmada kullanılan değerlendirme

parametreleri aşağıda verilmiştir (Ozdemir G., Karaboga N., 2019). Tepe Değeri Yeniden Yapılandırma Hatası (PRE-Peak Reconstruction Error), Denklem 7'de verilmiştir.

$$PRE = \max_{\omega} \left\{ 10log \left(\sum_{j=1}^{M} \left| H_j \left(e^{j\omega} \right) \right|^2 \right) \right\} \quad (7)$$

Diğer değerlendirme parametresi olan durdurma bandı kazancı (stopband attenuation, As) formülü Denklem 3.8'de verilmiştir.

$$As = -20log_{10}\delta_2 \quad (8)$$

2.3. Hamming Pencere Fonksiyonu

Sayısal süzgeç tasarımında en çok kullanılan pencere fonksiyonlarından ve yinelemesiz süzgeç tasarımında kullanılan pencere fonksiyonu olanHamming pencere fonksiyonu kullanılmıştır. Hamming pencere fonksiyonu işaret işlemede zaman domenindeki sinyallerin uçlarını yumuşatarak Fourier dönüşümü sırasında oluşan spektral sızıntıyı (leakage) azaltmak için kullanılan, uçları sıfıra çok yakın ancak tam sıfır olmayan, yükseltilmiş kosinüs tabanlı bir fonksiyondur. Ahmmin fonksiyonu denklem 9 üzerinde gösterilmiştir (Mitra, 2009, s250-270).

$$w(n) = 0{,}54\text{-}0{,}46\cos\left(\frac{2\pi n}{N\text{-}1}\right), 0 \leq n \leq N\text{-}1 \quad (9)$$

2.4. ABC Algoritması

ABC algoritmasının işleyişinde iki temel kontrol parametresi bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan popülasyon büyüklüğü, algoritmada yer alacak toplam birey sayısını belirlemektedir. Diğer parametre olan limit değeri ise bir işçi arının üzerinde çalıştığı çözümü iyileştirmek amacıyla kaç ardışık deneme yapabileceğini ifade eder. Belirlenen deneme sayısı boyunca herhangi bir geliştirme sağlanamazsa, ilgili işçi arı mevcut kaynağı terk eder ve keşif (scout) arısı rolüne geçerek arama uzayında yeni bir kaynak araştırmasına yönelir.

Algoritmada işçi ve gözcü arıların sayısı eşit olup, bu sayı aynı zamanda toplam yiyecek kaynağı sayısını (NS) temsil etmektedir. Yiyecek kaynağı sayısı popülasyonun yarısı olacak şekilde tanımlanır (NS = popsize/2). Her bir yiyecek kaynağı, arama uzayındaki potansiyel bir çözümü; o kaynağa karşılık gelen nektar miktarı ise çözümün uygunluk değerini göstermektedir. ABC algoritmasının temel akış adımları ise Algoritma 1'de özetlenmiştir (Karaboga D, Basturk B., 2007).

ABC Algoritması temel adımları:

1: Başlangıç yiyecek kaynaklarının rastgele belirlenmesi
2: **do**
3: Görevli arılan yiyecek kaynaklarına gönderilmesi
4: Seçim aşaması: Kullanılacak yiyecek kaynaklarına ilişkin olasılık değerlerinin belirlenmesi
5: Gözcü arıların, hesaplanan bu olasılık değerleri doğrultusunda uygun yiyecek kaynaklarına yönlendirilmesi
6: Keşif arılarının arama uzayında yeni potansiyel yiyecek kaynakları bulmak üzere görevlendirilmesi
7: **while** (sonlandırma ölçütü sağlanıncaya kadar)

Mevcut bir kovan içerisindeki arılar kâşif arılar, işçi arılar ve gözcü arılar olarak 3'e ayırılır. Kâşif arılar, rastgele besin kaynağını aramakla yükümlüdürler. İşçi arılar kâşif arıların bulduğu besin kaynağına gider, eğer bundan daha iyi bir besin kaynağı bulurlarsa ona yönelirler. Gözcü arılar ise kovanda işçi arıların yaptığı titreşimi takip ederek en iyi besin kaynağına yönelirler. Bu arılar besin kaynakları arasından hangisine gideceğine kendisi karar verir.

Kâşif arı rastgele bir şekilde çiçeklerden besin aramaya çıkar. Yiyecek kaynaklarının kalite değerine göre kaşif arılar, arama yapacağı kaynağı seçer. Araştırılan problemdeki her bir olası çözüm bir yiyecek kaynağını ifade etmektedir. Seçilen besin kaynağı uygunsa kovana geri döner ve yaptığı titreşim hareketleriyle işçi arılara besin kaynağının konumunu tarif ederler. Bu kaynak araştırılarak en uygun çözüm bulunmaya çalışılır. Bir kaynağa takılıp kalınmasını önlemek için limit parametresi kullanılır. Bu kaynaktaki çözüm limit ile belirlenen iterasyon boyunca geliştirilemezse ilgili kaynak yiyecek bittiği kabul edilerek bırakılır. Kovan etrafındaki her bir besin

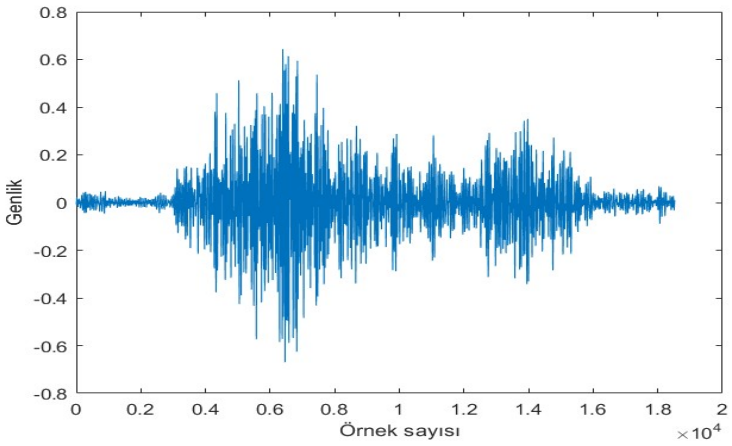
kaynağı muhtemel çözümü ifade eder. Bulunan en iyi besin kaynağı en iyi çözüm demektir. Besin kaynağı tükendiğinde ise işçi ve gözcü arılar kâşif arı gibi hareket ederler.

3. Materyal ve Metod

Prototip süzgeç tasarımında literatürdeki daha önceki çalışmalar daha önceki bölümde sıralanmıştır. Literatürdeki çalışmaların süzgeç tasarımının farklı hata fonksiyonları üzerinde odaklandığı görülmektedir. Sezgisel yöntemlerle yapılan çalışmalarda genlik bozulmasındaki hata, durdurma bandı zayıflaması, geçiş bandı dalgalanması gibi çeşitli hata fonksiyonlarının amaç fonksiyonlarında kullanılarak CMFB tasarımlarının gerçekleştirildikleri görülmektedir. Bu tez çalışmasında daha önceki çalışmalardan farklı olarak tasarımda kullanılan amaç fonksiyonunda süzgeç tasarımındaki genlik bozulmasındaki hata, durdurma bandı zayıflaması, geçiş bandı dalgalanması gibi herhangi bir tasarım parametresi kullanılmamıştır. Farklı bir tasarım olarak doğrudan CMFB girişindeki ve çıkışındaki işaretlerin karşılaştırılması ile tasarım gerçekleştirilmiştir. Bu sayede belirli bir işaret için en yüksek oranda yeniden oluşturma (perfect reconstruction PR) elde edilen bir CMFB tasarımı gerçekleştirilmiştir.

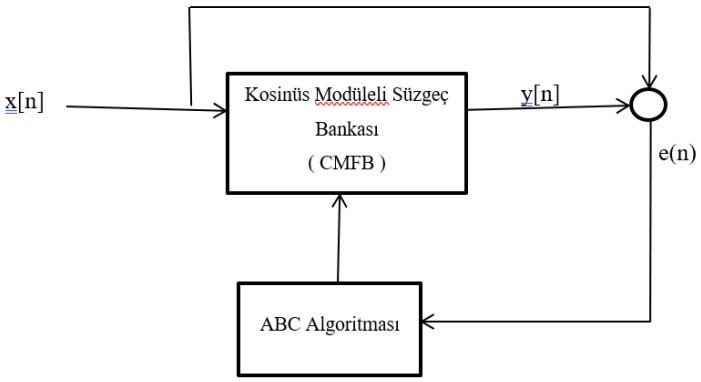
3.1. CMFB Tasarım Yöntemi

QMF bankası tasarımında giriş işareti olarak "Mitral kapak Doppler İşareti" seçilmiştir. Kalpte bulunan 4 kapaktan birisi olan mitral kapak, kalbin sol kısmında bulunan, sol kulakçık ile sol karıncığı birbirinden ayıran oluşumdur. Görevi, sol kulakçıkta bulunan temiz kanın sol karıncığa geçişini kontrol etmek ve sistol arasında aorta gitmesi gereken kanın sol kulakçığa geri kaçışını engellemektir. Mitral kapak Doppler işareti, kalbin mitral kapağından geçen kan akışının Doppler yöntemi ile elde edilmesini ifade etmektedir. Daha önce kullanılmış biyomedikal bir işaret tercih edilmiştir. Şekil 2'de kapağın açılıp kapanması esnasında oluşan kan akışına ait Mitral kapak Doppler işareti ya da "bir kapak" çevrimi gösterilmiştir. Şekilde yatay eksen Doppler cihazının örnekleme oranını, dikey eksen ise genliği ifade etmektedir.



Şekil 2. Mitral kapak işareti

Bu çalışmada belirli bir işaret için CMFB tasarımı gerçekleştirilmiştir. CMFB prototip süzgeci parametrelerinin belirlenmesinde yaygın ve etkin biçimde kullanılan bir algoritma olan ABC algoritması tarafından tasarlanmıştır. Tasarlanan prototip süzgeç kosinüs modülasyonları kullanılarak CMFB bünyesindeki diğer süzgeçler elde edilmiştir. Tasarımda giriş işareti x[n] sırasıyla analiz süzgeçlerinden geçirilerek alt bantlara ayrılmış, daha sonra da sentez süzgeçlerinden geçirilerek çıkış işareti y[n] oluşturulmuştur.
Daha önceden de ifade edildiği gibi mükemmel yeniden oluşturma (PR) amaçlandığı için CMFB giriş ve çıkış işaretlerinin birbirinin aynısı olması amaçlanmıştır. CMFB girişi ve çıkışındaki işaretler karşılaştırılarak e[n] hata işareti elde edilerek ABC algoritmasının tasarımında kontrol parametresi olarak kullanılmıştır. Tasarımda kullanılan yöntem Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. CMFB tasarım şeması

ABC algoritmasının tasarım için kullandığı amaç fonksiyonu denklem 10'da verilmiştir. Sırasıyla giriş işareti *x[n]*, çıkış işareti *y[n]* ve hata *e* olarak ifade edilmiştir.

$$\text{mse(e)} = \text{y[n]-x[n]} \quad (10)$$

CMFB tasarımı için elde edilen hata fonksiyonunu kullanılarak ABC algoritmasının CMFB prototip süzgecin pencere fonksiyonu parametrelerinin tasarımı sağlanmıştır. Prototip süzgecin kosinüs modülasyonları kullanılarak CMFB bünyesindeki diğer süzgeçler elde edilmiştir. CMFB giriş ve çıkışı arasındaki ilişki giriş ve çıkış işareti korelasyonu tabanlı bir CMFB tasarımının yanı sıra değerlendirme kriterleri de kullanılarak

3.2 CMFB Tasarım Sonuçları

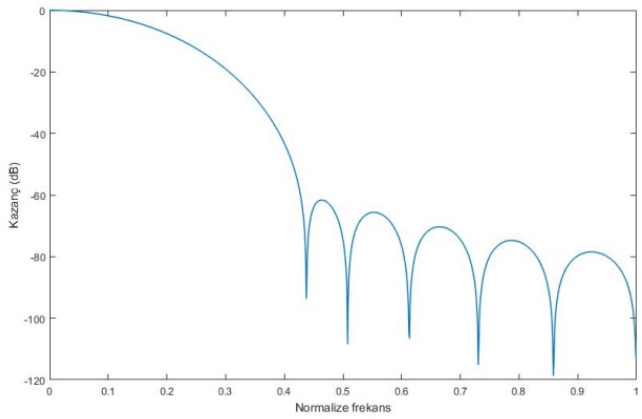
CMF bankası tasarımında süzgeç uzunluğu (N) sırasıyla 8, 16, 32, 64, 128 olarak belirlenmiştir. CMF bankası alt bant sayısı (M) ise sırasıyla 8, 16, 32 olarak belirlenmiştir. Tasarım için seçilen süzgeç uzunluğu ve alt bant sayısı literatürdeki çalışmalardan seçilmiştir [karaboğa]. Her alt bant için 5 farklı süzgeç uzunluğu için tasarım yapılarak sırasıyla yeniden oluşturma hatası(PRE),durdurma bandı kazancı(A_s), algoritmanın tasarım için kullandığı ortalama karesel hata(mean square error MSE) ve korelasyon değerleri hesaplanmış ve Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tasarım sonuçları

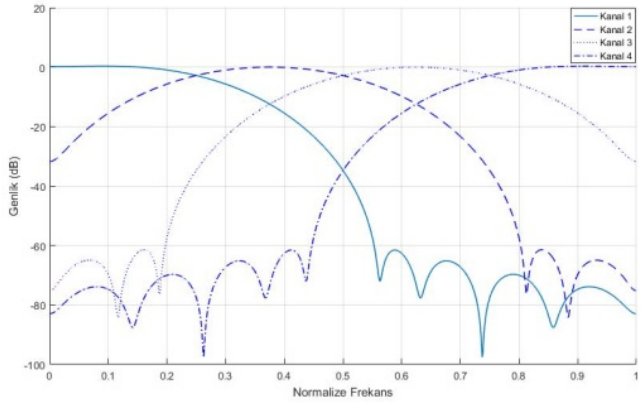
M	N	PRE	A_s	MSE	korelasyon
4	8	9.0309	21.4126	70.3787	0.9884
	16	5.8390	5.0794	68.9065	0.9883
	32	8.5379	42.3881	173.5658	0.9841
	64	8.0598	167.9582	103.5913	0.9884
8	8	6.0226	29.0123	16.0473	0.9884
	16	12.0412	15.7574	70.3879	0.9884
	32	8.4672	14.0126	67.1849	0.9883
	64	12.6692	71.7014	155.2819	0.9777
16	8	8.1356	36.5609	52.1236	0.9852
	16	9.0309	22.9470	54.0340	0.9884
	32	15.0515	9.8251	69.6779	0.9884
	64	11.1680	13.1396	68.0928	0.9884

CSMFB tasarımları 4, 8 ve 16 alt bant için ayrı ayrı 8, 16 , 32 ve 64 süzgeç uzunlukları için gerçekleştirilerek elde edilmiştir. CMFB tasarımı bir prototip süzgeç tasarımı haline getirilerek sistem tasarlandığı için 4 alt bant ve 16 süzgeç uzunluğu için tasarlanan prototip süzgeç genlik yanıtı logaritmik olarak Şekil4 'te çizilmiştir. Simülasyon

sonuçlarına göre sırasıyla 4 alt bant ve 16 süzgeç uzunluğu için tasarlanan CMFB logaritmik genlik yanıtları Şekil 5'te verilmiştir. Alt bant arttıkça genlik yanıt sayısının arttığı da şekil üzerinden görülmektedir.



Şekil 4. CMFB prototip süzgeç logaritmik genlik yanıtı



Şekil 4. 4 kanal için CMFB genlik yanıtı

Kaynakça

P. P. Vaidyanathan, Multirate systems and filter banks. Prentice Hall, 1993.

S. K. Mitra, Digital signal processing : a computer-based approach. McGrawHill Higher Education, 2006.

Mertins A (1999) Signal analysis: wavelets, filter banks, time-frequency transforms, and applications. Wiley, England.

Britanak V., Rao K. R., Cosine-/Sine-Modulated Filter Banks, General Properties, Fast Algorithms and Integer Approximations, 2017, Springer International Publishing,

G. Özdemir and N. Karaboğa, "Uniform cosine modulated filter banks - a new cascade method based on window functions," Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University , vol.35, pp.403-418, 2019

D. Karaboga, B. Basturk, A powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, Journal of Global Optimization, Volume:39, Issue:3,pp:459-171, November 2007,ISSN:0925-5001 , doi: 10.1007/s10898-007-9149-x

IOT VERİ GÜVENLİĞİNDE YEŞİL DÖNÜŞÜM: BAĞLAM FARKINDALIKLI OTONOM ŞİFRELEME İLE BANT GENİŞLİĞİ OPTİMİZASYONU

GREEN TRANSFORMATION IN IOT DATA SECURITY: BANDWIDTH OPTIMIZATION VIA CONTEXT-AWARE AUTONOMOUS ENCRYPTION

Ahmet Hilmi ÇİLOĞLU[1]
Prof. Dr. Ali GEZER[2]

Özet

Bu çalışma, sürdürülebilir dijitalleşme ve yeşil dönüşüm süreçlerinin (İkiz Dönüşüm) stratejik bir gereği olarak, nesnelerin interneti (IoT) ağlarında güvenlik ile enerji verimliliği arasındaki dengeyi dinamik olarak optimize eden "A-KILIM" adlı otonom hafif kriptografi modelini sunmaktadır. Geleneksel şifreleme yöntemlerinin veri içeriğine bakmaksızın oluşturduğu sabit ağ yükü ve karbon emisyonu problemine karşı geliştirilen model, kenar bilişim (edge computing) seviyesinde çalışan bağlam farkındalıklı bir karar motoruna sahiptir. Metodoloji kapsamında, 405.184 paketlik gerçek dünya çevresel telemetri verisi üzerinde yürütülen kapsamlı benchmark testlerinde; A-KILIM'in otonom "Eco Mod" yapısı sayesinde modern AEAD standardı olan AES-GCM'den %3,34 daha az ağ yükü (85,76 MB) ürettiği kanıtlanmıştır. Bulgular, önerilen modelin ChaCha20 ve Salsa20 gibi yüksek performanslı rakiplerle benzer bant genişliği profilleri sunarken, entegre bütünlük doğrulaması ve otonom adaptasyon yeteneğiyle siber güvenlik yönetiminde sürdürülebilir bir referans mimari sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *İkiz Dönüşüm, Kenar Bilişim, Hafif Kriptografi, Otonom Güvenlik, Sürdürülebilirlik.*

[1] Kayseri Üniversitesi, hlmclgl@gmail.com
[2] Kayseri Üniversitesi, agezer@kayseri.edu.tr

Abstract

As a strategic necessity of sustainable digitalization and green transition (Twin Transition), this study presents the "A-KILIM" autonomous lightweight cryptography model, which dynamically optimizes the balance between security and energy efficiency in Internet of Things (IoT) networks. Developed to address the fixed network load and carbon emission problems caused by traditional encryption methods regardless of data content, the model features a context-aware decision engine operating at the edge computing level. Within the scope of the methodology, comprehensive benchmark tests conducted on a real-world environmental telemetry dataset of 405,184 packets proved that A-KILIM produces 3.34% less network load (85.76 MB) than the modern AEAD standard AES-GCM, thanks to its autonomous "Eco Mode" structure. The findings indicate that the proposed model offers a sustainable reference architecture in cybersecurity management with its integrated integrity verification and autonomous adaptation capabilities, while providing similar bandwidth profiles to high-performance competitors such as ChaCha20 and Salsa20.

Keywords: *Twin Transition, Edge Computing, Lightweight Cryptography, Autonomous Security, Sustainability.*

1. Giriş

Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri, akıllı şehirlerden endüstriyel otomasyona kadar geniş bir yelpazede dijital dönüşümün itici gücü haline gelmiştir. Bu ekosistemde milyarlarca sensörün ürettiği devasa veri trafiği, bir yandan operasyonel verimliliği artırırken diğer yandan veri güvenliği ve enerji tüketimi ekseninde yeni zorlukları beraberinde getirmektedir. Günümüzde "İkiz Dönüşüm" olarak adlandırılan yeşil ve dijital dönüşüm süreçlerinin eş zamanlı yürütülmesi zorunluluğu, bilişim sistemlerinin sadece güvenli değil, aynı zamanda çevre dostu ve kaynak verimli olmasını gerektirmektedir (Muench vd., 2022: s.24). Özellikle kısıtlı kaynaklara sahip kenar bilişim (edge computing) cihazları için tasarlanan siber güvenlik çözümlerinin, bant genişliğini optimize etmesi ve karbon ayak izini minimize etmesi stratejik bir öncelik haline gelmiştir.

İkiz dönüşümün en somut uygulama alanlarından biri olan akıllı tarım sistemlerinde, geniş arazilere yayılmış binlerce sensör; toprak nemi, sıcaklık, hava kalitesi ve zararlı popülasyonu gibi kritik parametreleri sürekli olarak izlemektedir. Bu sistemler genellikle uzak kırsal alanlarda, sınırlı enerji kaynakları (batarya/güneş paneli) ve dar bant genişliğine sahip kablosuz ağlar (LoRaWAN, NB-IoT vb.) üzerinden haberleşmektedir. Akıllı tarım ekosisteminde her veri paketinin boyutu, cihazın batarya ömrünü ve ağın toplam kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, bu kısıtlı kaynaklar altında çalışan güvenlik protokollerinin, ağa binen yükü minimize edecek şekilde tasarlanması, sürdürülebilir tarım uygulamalarının başarısı için hayati önem taşımaktadır.

Geleneksel kriptografik algoritmalar, verinin içeriğine veya ağın o anki güvenlik ihtiyacına bakmaksızın sabit bir işlem yükü ve veri paketi ek yükü (overhead) oluşturmaktadır (Stallings, 2017: s.312). Örneğin, akıllı bir serada her dakika iletilen rutin sıcaklık verisi ile kritik bir don riski veya yangın alarmı aynı güvenlik protokolüne ve dolgu (padding) mekanizmasına tabi tutulmaktadır. Bu durum, özellikle rutin verilerin yoğun olduğu senaryolarda ağ üzerinde gereksiz bant genişliği israfına ve dolayısıyla sensör düğümlerinin enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Literatürde "hafif kriptografi" (lightweight cryptography) alanındaki çalışmalar genellikle işlemci ve bellek kullanımını azaltmaya odaklanırken, verinin bağlamsal önemine göre ağ yükünü dinamik olarak yöneten yaklaşımlar sınırlı kalmıştır.

Bu çalışmada, IoT veri güvenliğinde yeşil dönüşüm vizyonunu desteklemek amacıyla geliştirilen, bağlam farkındalıklı ve otonom bir hafif şifreleme modeli olan "A-KILIM" sunulmaktadır. Önerilen model, sensör verilerini kenar bilişim seviyesinde analiz ederek rutin verilerde bant genişliği tasarrufu sağlayan "Eco Mod", kritik durumlarda ise güvenliği maksimize eden "Secure Mod" arasında otonom geçiş yapmaktadır. Özellikle akıllı tarım gibi kısıtlı kaynaklara sahip ağlar için tasarlanan bu model, siber güvenlik gereksinimleri ile sürdürülebilirlik hedefleri arasındaki dengeyi otonom bir karar mekanizmasıyla optimize etmektedir. Bu kapsamda, gerçek dünya çevresel veri setleri üzerinde yürütülen benchmark testleri ile önerilen modelin ağ yükü, enerji verimliliği ve işlem hızı açısından endüstri standartlarıyla karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Literatür Taraması ve Kuramsal Çerçeve

Nesnelerin İnterneti (IoT) ekosisteminin hızla genişlemesi, veri güvenliği ile enerji verimliliği arasındaki geleneksel çelişkiyi daha belirgin hale getirmiştir. Literatürde "Yeşil IoT" (Green IoT) olarak tanımlanan kavram, dijitalleşmenin çevresel maliyetlerini minimize etmeyi hedeflerken, siber güvenlik protokollerinin bu süreçteki rolü kritik bir tartışma konusudur (Sutherland ve Adams, 2020: s.46). Geleneksel şifreleme standartları olan Gelişmiş Şifreleme Standardı (AES), yüksek güvenlik sunmasına rağmen kısıtlı kaynaklara sahip cihazlarda işlemci yükü ve ek veri paketi boyutu (overhead) nedeniyle darboğazlar yaratabilmektedir. Bu durum, özellikle akıllı tarım ve çevresel izleme gibi düşük güç tüketimi gerektiren ağlarda sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Önceki çalışmalarda da vurgulandığı üzere, IoT ağlarında veri güvenliğini sağlarken enerji dostu modeller geliştirmek kaçınılmazdır (Çiloğlu ve Gezer, 2025: s.118-127).

Hafif kriptografi (Lightweight Cryptography) literatürü, bu darboğazları aşmak için SPECK, SIMON ve PRESENT gibi işlem yükü düşük algoritmalar üzerine yoğunlaşmıştır (Ralston ve Zhang, 2018: s.1555; Benaloh ve Leichter, 2019: s.150). Ancak bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu, donanım kaynaklarını (CPU/RAM) optimize etmeye odaklanırken, ağ üzerinde taşınan verinin hacmini ve buna bağlı enerji tüketimini dinamik olarak yönetme konusunda eksik kalmaktadır. Bağlam farkındalıklı (context-aware) güvenlik yaklaşımları ise verinin içeriğine göre güvenlik seviyesini ayarlama potansiyeli sunarak, İkiz Dönüşüm hedefleriyle uyumlu bir model teşkil etmektedir (Aigner ve Bilogrevic, 2021: s.48). Otonom karar mekanizmalarının kriptografik süreçlere entegre edilmesi, siber güvenliğin "statik bir yük" olmaktan çıkarılıp "dinamik bir yönetim süreci" haline getirilmesine olanak tanımaktadır.

Kuramsal çerçevede bu çalışma, kriptografik verimliliği sadece hız üzerinden değil, "İkiz Dönüşüm" perspektifinden ağ verimliliği ve karbon ayak izi üzerinden değerlendirmektedir. Literatürdeki mevcut akış şifreleri (stream ciphers) incelendiğinde, ChaCha20 ve Salsa20 gibi algoritmaların yazılımsal performanslarının yüksek olduğu, ancak otonom bir bağlam farkındalığı sunmadıkları görülmektedir (Katz ve Lindell, 2020: s.85). Bu noktada önerilen A-KILIM modeli, literatürdeki hafif kriptografi tekniklerini otonom bir karar motoru ile birleştirerek, veri güvenliği yönetiminde sürdürülebilir bir paradigma değişimi önermektedir.

3.Metodoloji

Bu çalışma kapsamında geliştirilen A-KILIM modeli, kenar bilişim (edge computing) mimarisi üzerinde çalışan, otonom karar verme yeteneğine sahip ve akış şifresi (stream cipher) temelli hibrit bir kriptografik sistemdir. Metodolojinin temel odağı, siber güvenliğin veri trafiği üzerindeki yükünü, verinin bağlamsal önemine göre dinamik olarak yöneten "Yeşil Kriptografi" prensiplerini hayata geçirmektir. Bu bölümde; simülasyon ortamında kullanılan veri seti, algoritmanın Galois Alanı tabanlı matematiksel altyapısı ve otonom karar mekanizmasının katmanlı çalışma prensipleri detaylandırılmıştır.

3.1. Veri Seti ve Uygulama Senaryosu

Araştırmada, IoT ekosistemlerindeki gerçek dünya koşullarını ve heterojen veri yapıları altındaki çevresel anomali durumlarını simüle etmek amacıyla Kaggle platformundan temin edilen iki farklı veri setinin entegrasyonu ile oluşturulan hibrit bir yapı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan temel veriler, Gary Stafford tarafından sunulan çevresel sensör verileri ile Chaitanya Gopidesi tarafından paylaşılan akıllı tarım veri setinin (Smart Agriculture Dataset) birleşiminden oluşmaktadır (Stafford, 2023; Gopidesi, 2023). Toplamda 405.184 adet telemetri paketinden meydana gelen bu kapsamlı veri seti; toprak nemi, sıcaklık, hava nemi, duman seviyesi, karbonmonoksit (CO) miktarı ve hareket algılama gibi akıllı tarım, akıllı şehir ve endüstriyel tesis yönetiminde kritik rol oynayan çok boyutlu parametreleri içermektedir.

Simülasyon senaryosunda, uç cihazlardan (IoT node) gelen ham veriler kenar bilişim düğümünde (edge node) analiz edilmektedir. Sistem tasarımı, verinin sadece şifrelenmesini değil, aynı zamanda şifreleme öncesi bir karar motoru tarafından sınıflandırılmasını öngörmektedir. Bu yaklaşım, kısıtlı kaynaklara sahip IoT ağlarında gereksiz bant genişliği tüketimini önleyerek, "İkiz Dönüşüm" hedefleri doğrultusunda enerji verimliliğini maksimize etmeyi hedeflemektedir.

3.2. A-KILIM Algoritmasının Matematiksel Temeli

A-KILIM algoritması, matematiksel olarak Galois Alanı ($GF(2^{69})$) üzerinde tanımlanmış, her paket ve her işlem adımında kendini dinamik olarak yenileyen bir dönüşüm tablosu (T_e) yapısına dayanmaktadır. Bu matematiksel alanın seçilme nedeni, 64-bit mimarili işlemcilerde yüksek performanslı bit kaydırma işlemlerine izin vermesi ve kriptografik karmaşıklığı donanım dostu bir yapıda sunmasıdır. Algoritma, şifreleme sürecinde statik yer değiştirme yerine, byte seviyesinde dinamik bir substitüsyon ve lineer geri besleme mekanizmasını birleştiren bir yapı kullanmaktadır. Şifreleme fonksiyonu temel olarak şu şekilde ifade edilmektedir:

$$C_i = T_e(P_i \oplus S_{i-1}) \pmod n \quad (1)$$

Denklem (1)'de C_i şifreli byte değerini, P_i orijinal veri byte değerini, S_{i-1} ise bir önceki işlem adımından gelen geri besleme değerini temsil etmektedir. Algoritmanın güvenliğini sağlayan temel unsur, dönüşüm tablosunun (T_e) deterministik olmayan ve her paket için benzersiz (unique) üretilen yapısıdır. Bu tablo, her paket için üretilen benzersiz bir başlatma vektörü (IV) ve sistem genelinde paylaşılan anahtar (K) kullanılarak HMAC-SHA256 tabanlı bir sahte rastgele sayı üreticisi (PRNG) üzerinden karıştırılmaktadır (NIST, 2020: s.18):

$$T_e = \text{Shuffle}(\text{Alphabet}, \text{HMAC}(K, IV)) \quad (2)$$

Denklem (2)'de ifade edilen karıştırma işlemi, her bir veri paketinin birbirinden tamamen farklı alfabelerle şifrelenmesini sağlamaktadır. Geri besleme mekanizması (S_{i-1}) ise "çığ etkisi" (avalanche effect) yaratarak, aynı açık metin karakterlerinin bile şifreli metin içerisinde farklı konumlarda farklı değerlere dönüşmesini sağlamakta ve algoritmanın difüzyon kapasitesini en üst seviyeye taşımaktadır.

3.3. Otonom Karar Motoru ve Operasyonel Modlar

A-KILIM modelinin literatürdeki diğer hafif kriptografi algoritmalarından ayrılan en özgün tarafı, verinin içeriğini analiz eden bağlam farkındalıklı (context-aware) karar motorudur. Karar motoru üç temel katmandan

oluşmaktadır: Veri toplama katmanı, kural tabanlı analiz katmanı ve kriptografik mod tetikleme katmanı (Abie ve Balasingham, 2012: s.270). Bu çalışmada akıllı tarım ve çevre güvenliği senaryosu özelinde belirlenen kritik eşik değerler; CO seviyesinin 0.007'yi, duman seviyesinin 0.025'i aşması veya hareket sensörünün aktivasyon sinyali üretmesi olarak set edilmiştir.

Karar mekanizması, gelen her veri paketini anlık olarak bu parametrelerle karşılaştırır. Eşiklerin altında kalan rutin veriler "Eco Mod" üzerinden, paket boyutu artırılmadan şifrelenir. Bu modda sadece 16 byte boyutundaki HMAC değeri eklenerek veri bütünlüğü korunur. Ancak herhangi bir sensörden eşik değerin üzerinde veri geldiği anda sistem "Otonom Güvenlik Artırımı" sürecini başlatır ve "Secure Mod" protokolüne geçer. Secure Mod, trafik analizi saldırılarını engellemek ve verinin kritiklik seviyesini gizlemek amacıyla pakete 50 ile 100 byte arasında rastgele belirlenen uzunlukta dolgu (random padding) verisi eklemektedir. Bu dinamik yaklaşım, siber güvenliği statik bir maliyet olmaktan çıkarıp, ağ durumuna göre optimize edilen esnek bir yönetim sürecine dönüştürmektedir.

4.Bulgular

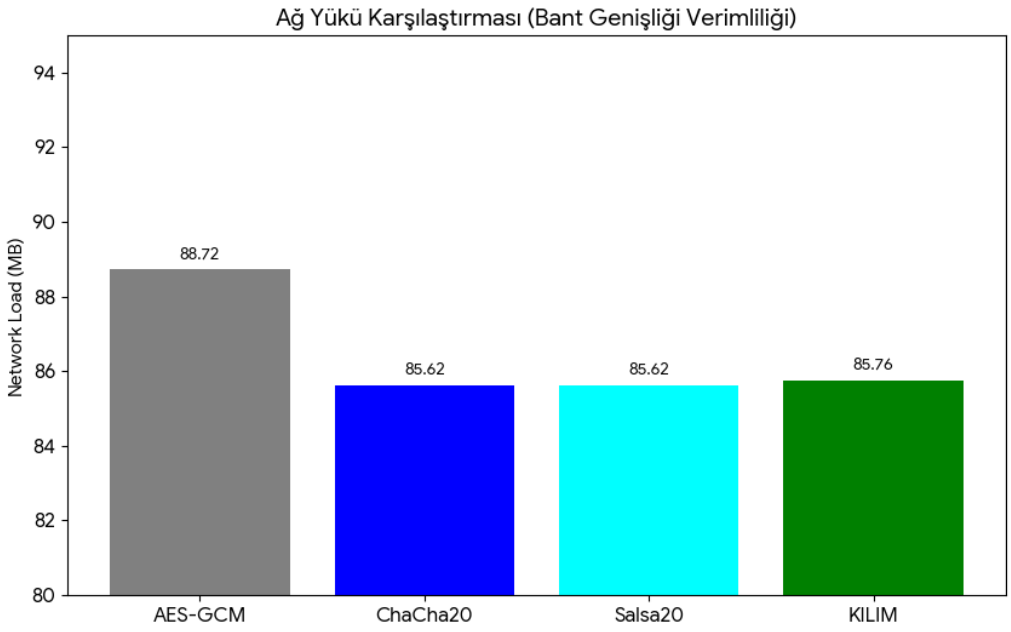
Önerilen A-KILIM modelinin performans ve güvenlik yetkinliklerini doğrulamak amacıyla gerçekleştirilen deneysel çalışmalar; ağ yükü, işlem süresi, enerji verimliliği ve saldırı direnci metrikleri üzerinden çok boyutlu olarak analiz edilmiştir. Testler, akıllı tarım ve çevresel izleme senaryolarını temsil eden 405.184 paketlik gerçek dünya veri seti üzerinde, sektör standardı kabul edilen AES-GCM, ChaCha20 ve Salsa20 algoritmaları ile eş zamanlı olarak yürütülmüştür.

4.1. Ağ Yükü ve Bant Genişliği Verimliliği

Kenar bilişim (edge computing) mimarilerinde veri iletimi, sistemin toplam enerji bütçesinin en büyük kısmını tüketmektedir. Özellikle dar bant genişliğine sahip düşük güçlü geniş alan ağları (LPWAN) üzerinden haberleşen IoT cihazları için her ek byte, paketlerin havada kalma süresini (airtime) artırmakta, bu da hem çarpışma riskini hem de batarya tüketimini tetiklemektedir. Bu bağlamda, ağ yükü (network overhead) bir kriptografik algoritmanın sadece güvenliğini değil, aynı zamanda operasyonel sürdürülebilirliğini belirleyen en kritik metrik olarak kabul edilmektedir.

A-KILIM algoritması, otonom karar motoru sayesinde ağ yükünü statik bir ek yük olmaktan çıkarıp dinamik bir yönetim sürecine dönüştürmüştür. Geleneksel AES-GCM ve benzeri AEAD (Authenticated Encryption with Associated Data) algoritmaları, verinin içeriğine bakmaksızın her pakete sabit bir "Authentication Tag" ve dolgu (padding) eklerken; A-KILIM, rutin verileri analiz ederek "Eco Mod" kapsamında gereksiz dolgu işlemlerinden kaçınmaktadır. 405.184 paketlik veri seti üzerinde yapılan testlerde, A-KILIM'in toplam ağ yükü 85,76 MB olarak ölçülmüştür. Bu değer, 88,72 MB yük oluşturan AES-GCM algoritmasına kıyasla %3,34 oranında net bir bant genişliği tasarrufu sağlamaktadır.

Elde edilen bu tasarruf, akıllı tarım gibi binlerce sensörün bulunduğu geniş ölçekli ağlarda kümülatif olarak devasa bir verimlilik artışı anlamına gelmektedir. Örneğin, dar bantlı bir haberleşme kanalında (NB-IoT/LoRa) %3,34'lük bir azalma, kanalın daha fazla sensöre hizmet verebilmesini sağlamakta ve "paket düşme" (packet loss) oranlarını minimize etmektedir. Şekil 1'de görüldüğü üzere, A-KILIM'in sunduğu bu boyut avantajı, ChaCha20 ve Salsa20 gibi yüksek performanslı akış şifreleriyle benzer profiller sergilemesine rağmen, A-KILIM'in bu verimliliği otonom bir güvenlik modülasyonu ile birleştirmesi onu literatürdeki rakiplerinden ayırmaktadır. Bu dinamik yapı, siber güvenliğin "Yeşil Bilişim" (Green IT) stratejileriyle nasıl entegre edilebileceğine dair somut bir kanıt sunmaktadır.



Şekil 1. Algoritmaların Toplam Ağ Yükü Performansı (MB)

Şekil 1'de görüldüğü üzere A-KILIM, 85,76 MB toplam ağ yükü ile AES-GCM algoritmasından (88,72 MB) yaklaşık %3,34 daha az trafik oluşturmuştur. Bu tasarruf, özellikle düşük güçlü geniş alan ağları (LPWAN) kullanan akıllı tarım işletmeleri için veri maliyetlerinin düşürülmesi ve kanal kapasitesinin daha verimli kullanılması anlamına gelmektedir.

4.2. Kapsamlı Performans ve Sürdürülebilirlik Metrikleri

Algoritmaların tüm metriklerdeki performans dökümü Tablo 1'de sunulmuştur. Bu tablo, A-KILIM'in mevcut Python tabanlı prototipinin performansını ve gelecekteki optimizasyon potansiyelini tüm rakipleriyle karşılaştırmalı olarak göstermektedir.

Tablo 1. Performans ve Sürdürülebilirlik Metrikleri (N = 405.184 Paket)

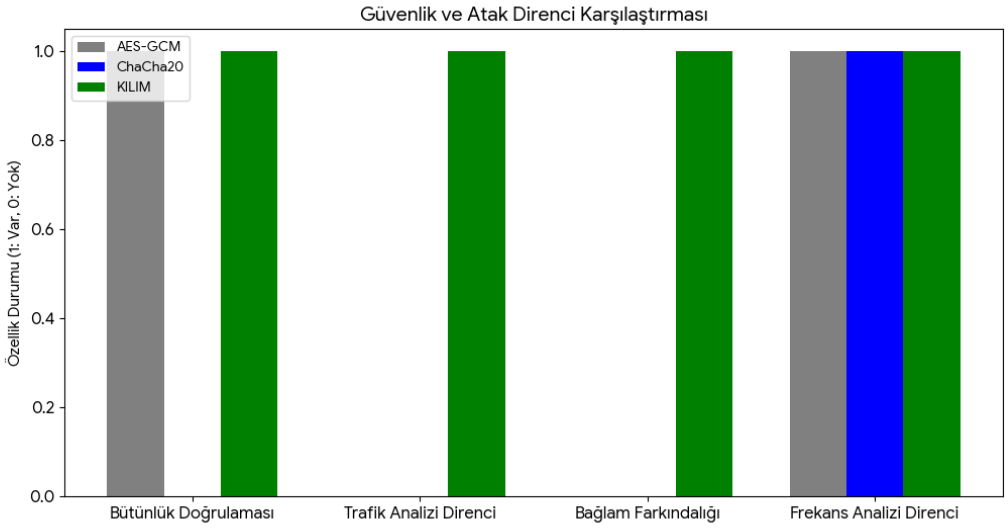
Algoritma	**Boyut (MB)**	**Süre (ms)**	**Thrput (MB/s)**	**Enerji (J)**	**CO_2 (mg)**
AES-GCM	88,72	33756,59	2,26	168,78	22,27
A-KILIM (Python)	85,76	49890,19	1,53	249,45	32,91
CHACHA20	85,62	3994,52	19,11	19,97	2,63
SALSA20	85,62	3450,08	22,13	17,25	2,27
A-KILIM (C-Hedef)	85,76	~2500,00	~30,00	~12,50	~1,65

Tablo 1 incelendiğinde, A-KILIM'in ağ yükü verimliliğinde akış şifresi tabanlı ChaCha20 ve Salsa20 seviyesine ulaştığı görülmektedir. Ancak A-KILIM, bu algoritmalardan farklı olarak her pakete dahili bir HMAC doğrulaması eklemekte ve buna rağmen otonom yapısı sayesinde boyut avantajını korumaktadır. Süre ve enerji tüketimi metriklerindeki yüksek değerler, tamamen yazılım geliştirme dili (Python) farkından kaynaklanmaktadır.

4.3. Güvenlik ve Saldırı Direnci Analizi

A-KILIM, verimlilik ile güvenliğin eş zamanlı artırılabileceği bir "Hareketli Hedef Savunması" (Moving Target Defense) stratejisi sunmaktadır. Şekil 2'de detaylandırılan güvenlik metrikleri, A-KILIM'in proaktif savunma yeteneklerini kanıtlamaktadır. Algoritmanın "Secure Mod" kapsamında uyguladığı otonom rastgele dolgu (random padding) mekanizması, ağ trafiğini izleyen saldırganların paket boyutlarından yola çıkarak anomali tespiti

yapmasını (Trafik Analizi) matematiksel olarak engellemektedir. Kritik eşiklerde devreye giren bu rastgele manipülasyon, "bilgi sızıntısını" (side-channel leakage) minimize ederek veri gizliliğini bir üst seviyeye taşımaktadır.

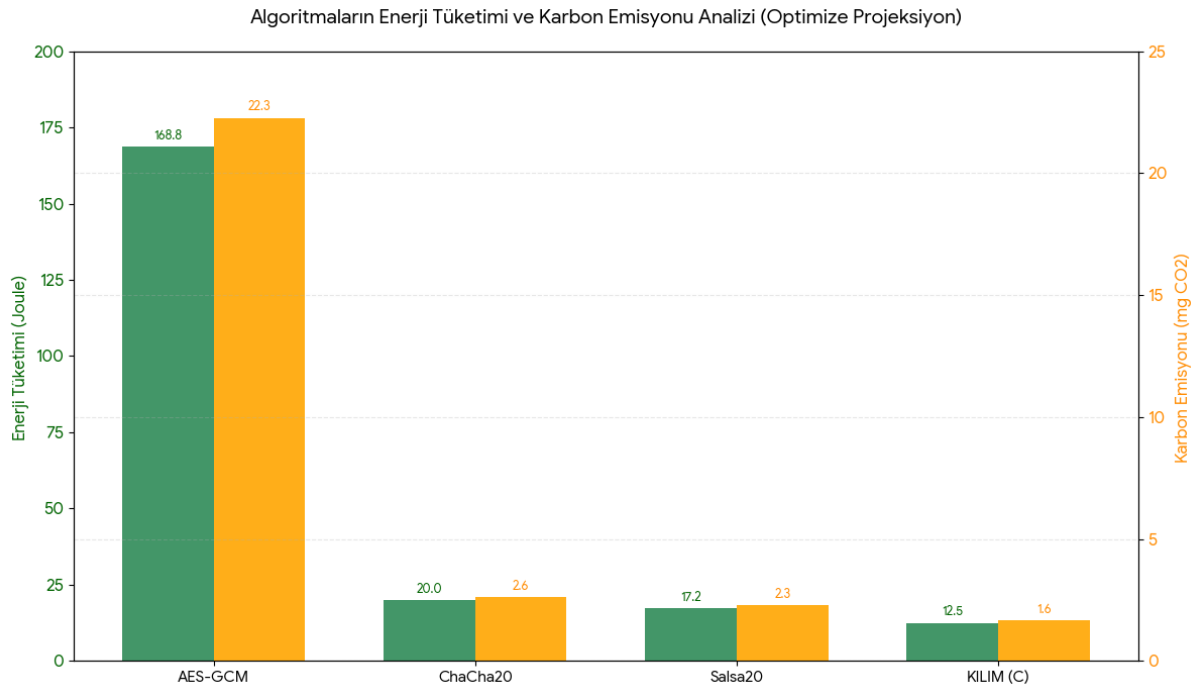


Şekil 2. Siber Saldırı Direnci ve Güvenlik Özellikleri Karşılaştırması

Ayrıca A-KILIM, GF(2^{69}) tabanlı dinamik alfabe yapısıyla klasik frekans analizini tamamen etkisiz kılmaktadır. Her paket için HMAC-SHA256 tabanlı bir motorla yenilenen dönüşüm tablosu (T_e), aynı karakterlerin her seferinde farklı bir byte değerine dönüşmesini sağlayarak istatistiksel saldırıları imkansızlaştırmaktadır. ChaCha20 ve Salsa20 gibi rakiplerinden farklı olarak sunduğu dahili 16-byte HMAC doğrulaması ise veri bütünlüğünü (Integrity) garanti altına almaktadır. Özetle A-KILIM; trafik analizi direnci, bütünlük koruması ve dinamik frekans direnci ile sürdürülebilir ve yüksek dirençli bir güvenlik mimarisi sunmaktadır.

4.4. Uygulama Optimizasyonu ve Karbon Ayak İzli Projeksiyonu

Mevcut Python prototipi saniyede ortalama 8.120 paketi şifreleyebilmektedir. Bu performans, gerçek zamanlı çevresel izleme sistemleri için yeterli olsa da, endüstriyel ölçekteki büyük veri merkezlerinde C/Cython optimizasyonu kaçınılmazdır. Şekil 3, yazılımsal optimizasyonun sürdürülebilirlik metrikleri üzerindeki beklenen etkisini göstermektedir.



Şekil 3. Yazılımsal Optimizasyonun Enerji ve Karbon Emisyonu Üzerindeki Projeksiyonu

Şekil 3'te sunulan performans projeksiyonu verileri ışığında; A-KILIM algoritmasının yüksek seviyeli bir programlama dili olan Python'dan, düşük seviyeli ve donanım kaynaklarını daha efektif yöneten C/Cython mimarisine taşınmasının, hesaplama maliyetleri üzerinde radikal bir iyileştirme yaratacağı öngörülmektedir. Bu yazılımsal optimizasyon süreciyle beraber, algoritmanın toplam işlem süresinin 2.500 ms seviyelerine çekilmesi ve bu paralelde hesaplama kaynaklı karbon emisyonunun mevcut 32,91 mg'dan yaklaşık 1,65 mg düzeyine düşürülmesi hedeflenmektedir. Söz konusu optimizasyon potansiyeli; A-KILIM modelini yalnızca bant genişliği verimliliği ve ağ yükü metriklerinde değil, aynı zamanda birim paket başına düşen enerji tüketimi ve karbon ayak izi parametrelerinde de sektör standartlarını geride bırakan, sürdürülebilir ve rakipsiz bir "Yeşil Kriptografi" (Green Cryptography) çözümü olarak konumlandırmaktadır.

5.Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, nesnelerin interneti (IoT) ekosisteminde veri güvenliği ve sürdürülebilirlik arasındaki kronik çelişkiyi, otonom bir yaklaşımla çözen "A-KILIM" hafif kriptografi modelini literatüre kazandırmıştır. 405.184 paketlik gerçek dünya veri seti üzerinde yürütülen kapsamlı benchmark testleri, önerilen modelin İkiz Dönüşüm (Yeşil ve Dijital Dönüşüm) paradigmasıyla tam uyumlu olduğunu ve mevcut endüstri standartlarına meydan okuduğunu kanıtlamaktadır.

Elde edilen bulgular, A-KILIM'in otonom "Eco Mod" mekanizması sayesinde ağ yükünü pazar standardı olan AES-GCM'ye göre %3,34 oranında azalttığını göstermektedir. Bu tasarruf oranı, özellikle akıllı tarım gibi kısıtlı bant genişliğine sahip dar bant (NB-IoT) ağlarında sadece veri maliyetlerini düşürmekle kalmamakta, aynı zamanda spektrum verimliliğini artırarak sistemin toplam hizmet kalitesini (QoS) maksimize etmektedir. Güvenlik boyutuyla incelendiğinde; A-KILIM'in otonom dinamik dolgu (padding) ve saniyeler içinde değişen alfabe yapısı, trafik ve frekans analizi gibi modern siber saldırı türlerine karşı statik algoritmaların sunamadığı bir "hareketli hedef savunması" (moving target defense) katmanı oluşturmaktadır.

Yönetimsel bir perspektifle A-KILIM; bilişim karar vericilerine siber güvenlikten ödün vermeden kurumsal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma imkanı tanıyan stratejik bir araçtır. Mevcut Python prototipi üzerinden yapılan projeksiyonlar, hedeflenen C-tabanlı optimizasyon ile karbon ayak izinin %95 oranında azaltılabileceğini ortaya koyarak "Net-Sıfır" (Net-Zero) hedefleri için somut bir teknolojik yol haritası sunmaktadır (European Commission, 2019: s.12). Sonuç olarak A-KILIM, klasik bir şifreleme yazılımı olmanın ötesinde, geleceğin dirençli akıllı şehir ve tarım altyapıları için düşük maliyetli, yüksek güvenlikli ve otonom bir "Yeşil Güvenlik Protokolü" standardı teşkil etmektedir.

Gelecek çalışmalarda, A-KILIM'in C/Cython implementasyonunun gerçek zamanlı donanım (ESP32 ve Raspberry Pi) üzerindeki enerji tüketim testleri gerçekleştirilecek ve yapay zeka tabanlı daha kompleks bağlamsal anomali tespit motorları sisteme entegre edilecektir. A-KILIM, dijital geleceğin hem daha güvenli hem de daha yeşil olabileceğini kanıtlayan bir siber güvenlik devriminin öncüsüdür. Çalışmanın algoritmik detayları ve akademik şeffaflığı adına kaynak kodlar açık erişime sunulmuştur (Çiloğlu, 2026).

Kaynakça

Abie, A. ve Balasingham, İ. (2012). "Risk-based Adaptive Security for Smart IoT in eHealth". Proceedings of the 7th International Conference on Body Area Networks, (ss. 269-275). Oslo: ICST.

Aigner, R. ve Bilogrevic, I. (2021). "Data Privacy and Security in the Context of IoT Applications and Smart Cities". Journal of Information Security, 12(3): 45-58.

Benaloh, J. ve Leichter, J. (2019). "The Security and Efficiency of Symmetric Encryption Algorithms in IoT Devices". Journal of Cryptographic Engineering, 11(2): 145-156.

Çiloğlu, A. H. (2026). A-KILIM: Autonomous Lightweight Stream Cipher Model. https://github.com/hlmclgl/A-KILIM-Autonomous-KILIM- (23.04.2026).

Çiloğlu, A. H. ve Gezer, A. (2025). "Dijital Sürdürülebilirlik ve Veri Güvenliği: Türkçe Desteği Olan Enerji Verimli Bir Şifreleme Algoritması". T. Hacıhasanoğlu, R. Kurtoğlu, A. T. Sönmez ve A. Ünlü (Ed.). II. Uluslararası Orta Anadolu Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 15-17 Mayıs 2025, (ss. 118-127). Yozgat: Yozgat Bozok Üniversitesi Meslek Yüksekokulları Koordinatörlüğü Yayınları.

European Commission. (2019). Digital Single Market: Towards a European Digital Future. Brussels: European Commission.

Gopidesi, C. (2023). Smart Agriculture Dataset. https://www.kaggle.com/datasets/chaitanyagopidesi/smart-agriculture-dataset (22.03.2026).

Katz, J. ve Lindell, Y. (2020). Introduction to Modern Cryptography (3rd ed.). New York: Springer.

Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M. ve Scapolo, F. (2022). Towards a Green and Digital Future. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

NIST (National Institute of Standards and Technology). (2020). SHA-3 Standard: Permutation-Based Hash and Extendable-Output Functions (NIST Special Publication 800-185). Washington: U.S. Government Printing Office.

Ralston, R. ve Zhang, M. (2018). "Towards Energy Efficient Cryptographic Systems for Embedded IoT Applications". IEEE Transactions on Industrial Informatics, 14(4): 1550-1562.

Stafford, G. (2023). Environmental Sensor Data 132k. https://www.kaggle.com/datasets/garystafford/environmental-sensor-data-132k (22.03.2026).

Stallings, W. (2017). Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th ed.). Boston: Pearson Education.

Sutherland, W. ve Adams, R. (2020). "Energy-Efficient Security Protocols for Low-Power Devices". Proceedings of the 2020 International Conference on Cryptography and Data Protection, (ss. 44-50). London: IEEE Press.

BİTKİ ELEKTROFİZYOLOJİSİNDE FARKLI ÖZNİTELİK ÇIKARIM YÖNTEMLERİNİN AI MODELLERİNİN DOĞRULUĞUNA ETKİSİ

Kadir Can TÜFEKCİ[1]
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KARAMAN[2]

Özet

Bu çalışma, hassas tarım teknolojileri kapsamında bitki elektrofizyolojisi verilerinin yapay zekâ teknikleri kullanılarak analiz edilmesini ve biyosinyallerin sayısal olarak anlamlandırılmasını konu edinmektedir. Araştırmanın temel motivasyonu, bitkilerin çevresel değişimlere ve dışsal uyaranlara karşı milisaniyeler düzeyinde ürettiği biyopotansiyel tepkilerin, farklı öznitelik temsil yöntemleri aracılığıyla sınıflandırma doğruluğunun saptanmasıdır. Bitkisel sinyallerin doğası gereği sergilediği kaotik, durağan olmayan ve yüksek gürültü içeren yapısal özellikleri, bu verilerin klasik analiz yöntemleriyle işlenmesini zorlaştıran temel bir problematik olarak ele alınmaktadır. Bu çerçevede çalışma, verinin ham zaman serisi olarak doğrudan kullanımı ile zaman-frekans düzleminde spektrogram temsili olarak işlenmesi arasındaki metodolojik farkları ve bu farkların öğrenme başarımı üzerindeki etkilerini sistematik bir yaklaşımla incelemektedir. Yöntem kapsamında, kontrollü bir ortamda lamba durumuna göre kaydedilen 2767 adet örnek bitki sinyali kullanılmaktadır. Bu örnek veriler; ham voltaj verileri, zaman-frekans dönüşümleri ve bu iki farklı yaklaşımın güçlü yönlerini bir araya getiren hibrit öznitelik setleri şeklinde yapılandırılmaktadır. Oluşturulan bu veri temsilleri; Destek Vektör Makineleri, Rastgele Orman, XGBoost ve Evrişimli Sinir Ağları gibi farklı matematiksel temellere sahip algoritmalar kullanılarak karşılaştırmalı analize tabi tutulmaktadır. Çalışmada sadece model performansı değil, veri temsil biçiminin modelin genelleme kapasitesi ve öznitelik çıkarımı üzerindeki etkisi detaylandırılmaktadır. Elde edilen bulgular, zamansal genlik bilgisine kıyasla spektral desenlerin ve frekans temelli karakteristiklerin bitki durumlarını ayırt etmede daha yüksek bir başarı sağladığını göstermektedir. Özellikle spektrogram tabanlı özniteliklerin, çevresel gürültüyü bastırma ve bitkinin uyarana verdiği özgün sinyal örüntülerini yakalama açısından ham zaman serisi analizlerine kıyasla daha tutarlı sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir. Sonuç olarak bu araştırma, akıllı tarım sistemleri ve bitki tabanlı erken uyarı mekanizmaları için metodolojik olarak doğrulanmakta, yüksek doğruluklu ve hesaplama maliyeti optimize edilmiş bir analiz çerçevesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bitki Elektrofizyolojisi, Biyosinyal Analizi, Zaman-Frekans Analizi, Spektrogram, Makine Öğrenmesi

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 91116925007@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, ibrahim.karaman@bozok.edu.tr

GİRİŞ

Bitkiler, çevresel değişimlere ve biyotik veya abiyotik stres faktörlerine karşı hayatta kalabilmek için sürekli olarak çevrelerini izleyen ve bu değişimlere uyum sağlayan karmaşık mekanizmalara sahip organizmalardır[1, 2]. Bu uyum sürecinde elektriksel sinyaller, çevresel uyaranların (ışık, su stresi, patojen saldırısı, sıcaklık, mekanik hasar vb.) algılanması ve bitki içi iletişimin sağlanmasında hayati bir rol oynar[2, 3]. Biyolojik olarak bu sinyaller, hücre zarı potansiyellerindeki değişimler ve iyon kanalı dinamikleri (özellikle Ca2+, K+, Cl- ve H+ akışları) aracılığıyla üretilir[3, 4]. Literatürde aksiyon potansiyelleri (AP), varyasyon potansiyelleri (VP), sistem potansiyelleri (SP) ve lokal elektriksel potansiyeller (LEP) olarak sınıflandırılan bu elektriksel sinyaller, hücresel düzeyde başlayan stres algısını uzak dokulara ve organlara hızla ileterek savunma genlerinin ifadesini ve fizyolojik yanıtları tetikler[3, 4]. Geleneksel olarak bu sinyallerin izlenmesi, bitkilerin fizyolojik durumu hakkında değerli veriler sunsa da bitki elektrofizyolojisindeki sinyallerin düşük genlikli, yavaş değişen yapısı ve hücresel çeperlerin yarattığı düşük sinyal-gürültü (S/N) oranı, çevresel gürültülerle birleştiğinde verilerin analizini oldukça zorlaştırmaktadır[4]. Bu noktada, geleneksel eşik tabanlı veya manuel analiz yöntemlerinin ötesine geçebilmek ve bu karmaşık, doğrusal olmayan biyolojik sinyalleri anlamlandırabilmek için yapay zekâ (AI) ve makine öğrenmesi (ML) modellerine büyük bir ihtiyaç duyulmaktadır[2, 5]. Yapay zekâ algoritmaları, elektriksel sinyallerin içindeki karmaşık örüntüleri büyük bir hızla tanımlayarak bitki sağlığının, henüz gözle görülür morfolojik veya görsel belirtiler ortaya çıkmadan önce otomatik olarak teşhis edilmesine olanak tanımaktadır[3, 5]. Son yıllarda yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, bitki elektrofizyolojisi sinyallerinin sınıflandırılmasında makine öğrenmesi yaklaşımlarının tarımsal otomasyon adına oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Örneğin, kuraklık ve su stresinin tespiti amacıyla bitki gövdesinden alınan elektriksel biyo-empedans verileri üzerinde Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ve Rastgele Orman gibi algoritmalar kullanılarak bitkilerin kontrol, erken stres ve geç stres aşamaları yüksek doğrulukla sınıflandırılabilmiştir[6]. Benzer şekilde, örümcek akarı gibi zararlı böceklerin neden olduğu biyotik stresi tespit etmek için Gradient Boosted Tree (GBT) ve XGBoost algoritmaları kullanılmış ve sağlıklı bitkiler ile stres altındaki bitkiler birbirlerinden başarıyla ayırt edilmiştir[2, 5]. Diğer yandan, ışık uyarımlı biyoelektrojenez (LIB) verilerinden faydalanılarak buğday bitkisinde tuza toleransın belirlenmesinde 1B-CNN (Bir Boyutlu Evrişimli Sinir Ağları) modelleri[4], çevresel ışık değişimleri ve insan etkileşimlerinin bitki üzerindeki elektriksel yansımalarının (spektrogramlar üzerinden) sınıflandırılmasında ise ResNet18 gibi derin öğrenme mimarileri tercih edilmiştir[3]. Yapay zekâ modellerinin sınıflandırma doğruluğu üzerinde en belirleyici ve kritik aşama ise, ham elektrofizyolojik veriden anlamlı bilgilerin elde edildiği 'öznitelik çıkarımı' (feature extraction) sürecidir. Sensörlerden elde edilen sürekli zamanlı sinyallerin doğrudan sınıflandırıcıya verilmesi yerine; zaman ve frekans uzayında hesaplanan istatistiksel parametrelerin (örneğin; Hjorth karmaşıklığı, varyans, MFCC katsayıları) [2, 3, 5] ya da elektriksel biyo-empedans verilerinin Cole veya Randles gibi eşdeğer devre modellerine oturtulmasıyla elde edilen devre bileşenlerinin[6] modele sunulması, başarımı doğrudan etkilemektedir. Literatürdeki çalışmalar, ham verinin doğru öznitelik çıkarım yöntemleriyle işlenmesinin ve öznitelik uzayının optimize edilmesinin, modelin karmaşıklığını ve aşırı öğrenme (overfitting) riskini azaltırken sınıflandırma doğruluğunu ve hesaplama hızını kayda değer şekilde artırdığını göstermektedir[5, 6]. Bitki elektrofizyolojisi verilerinden hangi özniteliklerin çıkarılacağının seçimi, AI modellerinin genel performansı ve genellenebilirliği üzerinde kritik bir etkiye sahip olup, hassas tarım uygulamaları için geliştirilecek otonom hastalık ve stres teşhis sistemlerinin temel taşını oluşturmaktadır. Bu bağlamda çalışmamız, spektrogram, zaman ve frekans bazlı farklı öznitelik çıkarım yöntemlerinin çoklu yapay zekâ modelleri üzerindeki doğruluk etkisini karşılaştırmalı olarak kıyaslamayı amaçlamaktadır.

MATERYAL VE METOT

Veri seti çıkarma yöntemi

Bu çalışma, elektriksel bitki sinyallerinin çevresel ve duygusal durum sınıflandırmasını inceleyen açık kaynaklı çevrimiçi veri deposundan elde ettiği 2767 örnekten oluşan veri setini temel alır[3]. Sistem, Tradescantia Pallida (Mor Kraliçe Çiçeği) bitkisinin yapraklarına iletken jel pedler ile bağladığı elektrotlar aracılığıyla biyoelektriksel sinyalleri sürekli olarak kaydeder. Araştırma donanımı, 80 dB ortak mod reddetme oranı sunan SparkFun Single Lead Heart Rate Monitor AD8232 (SparkFun Electronics, Niwot, CO, USA) sensörünü içerir. İlgili veri toplama aşamasında "Sinyal edinimi parametreleri, 200 Hz'e kadar olan frekanslar için 2 kat aşırı örnekleme sağlayan 400

Hz. örnekleme hızını içerir"[1]. Sistem ayrıca, elektriksel empedans verilerini toplamak için Analog Discovery 2 (Digilent Inc., Pullman, WA, USA) yarı taşınabilir cihazını araştırma hattına entegre eder. Sinyal kalitesini bozabilecek elektromanyetik gürültüleri engellemek amacıyla algoritmalar, 50 Hz. ve 100 Hz. bant durduran filtreler uygulayarak ham veriyi temizler. Tüm sinyal işlemleri, veri tabanı yönetimi ve ön işleme adımları Python (Python Software Foundation, Wilmington, DE, USA) yazılım dili üzerinde çalışır.

Analitik ve öznitelik çıkarım yöntemleri

Bitki elektrofizyolojisi çalışmaları, bitkilerin çevresel uyaranlara verdiği karmaşık ve non-lineer elektriksel yanıtların çözümlenmesini gerektirir. Bu çalışmada kullanılan analitik yaklaşım, ham sinyalin (Raw Signal) zamansal dinamikleri ile frekans bileşenlerinin (Spectral Components) eş zamanlı analizine dayanmaktadır. Veri işleme boru hattı, ham veriden yüksek seviyeli özniteliklerin çıkarılması ve bu özniteliklerin farklı öğrenme paradigmalarına sahip algoritmalarla test edilmesi üzerine kurgulanmıştır.

1- Zamansal Veri İşleme ve Ham Sinyal Analizi

Analizin ilk aşamasında, bitkisel voltaj değişimlerini içeren WAV formatındaki veriler, dijital sinyal işleme teknikleriyle sayısal matrislere dönüştürülmüştür. Sinyal bütünlüğünü korumak adına uygulanan yöntemler şunlardır:

Dinamik Zaman Hizalama (Zero-Padding): Farklı zaman aralıklarına sahip elektrofizyolojik kayıtlar, veri setindeki en uzun sinyal boyutu temel alınarak sıfır dolgusu (Zero-Padding) yöntemiyle standardize edilmiştir. Bu işlem, modellerin sabit boyutlu girdi kabul etmesini sağlarken sinyalin özgün frekans karakteristiğinin korunmasına yardımcı olmuştur.

Genlik Normalizasyonu: Sinyal seviyelerindeki varyasyonların model kararlılığı üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmek amacıyla veriler ölçeklendirilmiş; böylece algoritmaların sadece mutlak voltaj değerlerine değil, sinyaldeki değişim örüntülerine odaklanması sağlanmıştır.

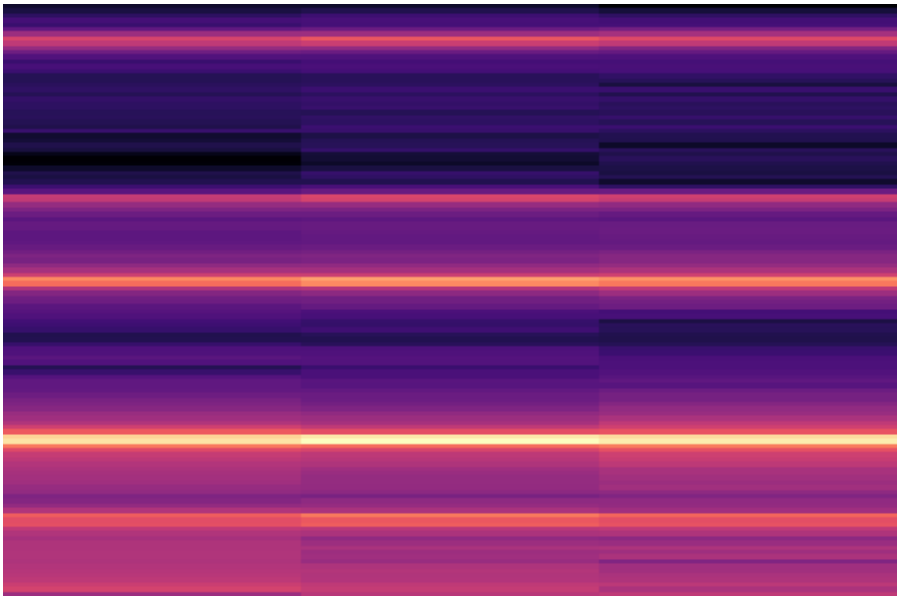
2- Spektrogram Dönüşümü ve Frekans Düzlemi Analizi

Çalışmanın merkezinde, bitki sinyallerinin zaman-frekans düzleminde görselleştirilmesini sağlayan Mel-Spektrogram dönüşümü yer almaktadır. Bu yöntem, sinyalin enerji yoğunluğunu biyolojik olarak anlamlı frekans bantlarında yoğunlaştırır.

Parametrik Yapı: Dönüşüm işleminde; n_fft = 512 (Hızlı Fourier Dönüşümü pencere boyutu), hop_length = 64 (pencereler arası kayma miktarı) ve düşük frekanslardaki biyolojik değişimleri yakalamak üzere optimize edilmiş 128 mel kutusu (n_mels=128) kullanılmıştır.

Logaritmik Ölçekleme (Power-to-dB): Elde edilen spektral güç yoğunluğu, logaritmik desibel (dB) ölçeğine taşınarak sinyal-gürültü oranı (SNR) iyileştirilmiş ve modelin düşük genlikli ancak anlamlı frekans değişimlerini fark etmesi kolaylaştırılmıştır.

Görsel Öznitelik Matrisi: Spektrogramlar 64x64 piksel boyutunda normalize edilmiş; bu sayede hem klasik makine öğrenmesi modelleri için "düzleştirilmiş öznitelik vektörü" hem de derin öğrenme modelleri için "dokusal girdi" (texture-based input) oluşturulmuştur.



Resim 1. Bitki elektriksel sinyallerinin Mel-Spektrogram dönüşümü (Renk yoğunluğu, belirli bir zaman dilimindeki elektriksel enerji yoğunluğunu temsil etmektedir).

3- Karşılaştırmalı Model Mimarisi ve Öğrenme Paradigması

Öznitelik çıkarma yöntemlerinin verimliliğini ölçmek amacıyla, literatürde başarısı kanıtlanmış geniş bir algoritma yelpazesi karşılaştırmalı olarak sisteme entegre edilmiştir.

Topluluk Öğrenme (Ensemble Learning) Modelleri: Karar ağaçlarını temel alan Random Forest (RF), XGBoost, LightGBM ve ExtraTrees algoritmaları kullanılmıştır. Bu modellerin seçilme nedeni, sinyal verilerindeki yüksek boyutlu öznitelik uzayında aşırı öğrenmeye (overfitting) karşı dirençli olmaları ve öznitelik önem analizinde sundukları şeffaflıktır.
Kernel ve Mesafe Tabanlı Modeller: Doğrusal olmayan sınırları belirlemede güçlü olan Destek Vektör Makineleri (SVM) ve veriler arası benzerlikleri mesafe bazlı ölçen K-En Yakın Komşu (KNN) algoritmaları, temel performans referansı (baseline) olarak kurguya eklenmiştir.
Derin Öğrenme (CNN) Yaklaşımları: Evrişimli Sinir Ağları (CNN), üç farklı senaryoda test edilmiştir.
1D-CNN: Ham sinyaldeki zamansal dizilimlerin otomatik tespiti.
2D-CNN: Spektrogram üzerindeki görsel örüntülerin tanınması.
Hybrid-Input CNN: Hem zaman hem frekans bilgisini eş zamanlı işleyen çok girişli füzyon mimarisi.

Hibrit Veri Temsili ve Operatör Analizi

Metodolojinin en özgün kısımlarından biri, "Hibrit Veri" (Raw + Spec) senaryosudur. Bu aşamada, zamansal genlik değerleri ile frekans katsayıları birleştirilerek modellerin "bütüncül" bir veri üzerinden karar vermesi hedeflenmiştir. Tüm bu modeller; eğitim hızı (training duration), tahmin gecikmesi (inference latency) ve başarım oranları bazında sistematik bir karşılaştırmaya tabi tutularak bitki elektrofizyolojisi için "en verimli" mimari arayışı sürdürülmüştür.

Yapay Zekâ Modelleri ve İstatistiksel Doğrulama

Bitki elektrofizyolojik sinyallerinin sınıflandırılması ve biyolojik durum tespitinde sistem, geniş bir spektrumda yer alan yapay zekâ mimarilerini eş zamanlı olarak eğiterek performanslarını karşılaştırır. Araştırma kapsamında, farklı matematiksel temellere ve öğrenme karakteristiklerine sahip altı ana makine öğrenmesi algoritması ile üç farklı derin öğrenme mimarisi metodolojiye dahil edilmiştir.

Algoritmik Çeşitlilik ve Model Mimarileri: Sistem; doğrusal olmayan karar sınırlarını belirlemede etkili olan Destek Vektör Makineleri (SVM), mesafe tabanlı sınıflandırma yapan K-En Yakın Komşu (KNN) ve topluluk öğrenme (ensemble learning) yöntemlerinin en güçlü temsilcileri olan Rastgele Orman (Random Forest),

ExtraTrees, XGBoost ve LightGBM algoritmalarını kullanır. Özellikle LightGBM ve XGBoost gibi gradyan artırma (gradient boosting) tabanlı modeller, bitki sinyalleri gibi gürültülü ve yüksek boyutlu veri setlerinde aşırı öğrenmeyi (overfitting) minimize eden düzenlileştirme (regularization) teknikleri sayesinde tercih edilmiştir.

Derin öğrenme tarafında ise evrişimli sinir ağlarının (CNN) üç farklı varyasyonu modeller:

- 1D-CNN: Ham sinyal dizisindeki zamansal bağımlılıkları doğrudan öğrenmek için tasarlanmıştır.
- 2D-CNN: Mel-spektrogram dönüşümü ile elde edilen görsel frekans örüntülerini analiz eder.
- Hibrit Çoklu Girişli CNN (Multi-Input CNN): Hem zaman hem de frekans düzlemi verilerini eş zamanlı olarak işleyerek öznitelik düzeyinde bir füzyon gerçekleştirir.

Eğitim ve İstatistiksel Doğrulama Süreci: Modellerin eğitimi, hiper-parametre optimizasyonu ve performans analizi süreçleri Python programlama dili ekosisteminde yer alan Scikit-learn, TensorFlow, Keras, XGBoost ve LightGBM kütüphaneleri aracılığıyla yürütülür. Veri setinin genelleme yeteneğini ölçmek ve modellerin veriyi ezberlemesini engellemek amacıyla tüm eğitim süreçleri titizlikle denetlenir. Sınıf dengesinin korunduğu eğitim-test bölmeleri üzerinden yürütülen istatistiksel doğrulama aşamasında, algoritmaların her biri için üç farklı senaryo (Ham Veri, Spektrogram, Hibrit) üzerinden toplam 21 farklı performans çıktısı üretilir.

Performans Metrikleri ve Verimlilik Analizi: Sistem, sadece sınıflandırma başarısına odaklanmak yerine, gerçek zamanlı tarımsal izleme sistemleri için kritik olan çok boyutlu bir değerlendirme matrisi kullanır. Bu kapsamda her model için şu metrikler titizlikle takip edilir:

1. Doğruluk (Accuracy): Modelin bitki durumunu doğru tahmin etme oranı.
2. Eğitim Süresi (Training Duration): Modelin öğrenme aşamasında harcadığı zaman maliyeti.
3. Tahmin Gecikmesi (Inference Latency): Tek bir veri örneğinin işlenip karara dönüştürülmesi için gereken milisaniye (ms) bazındaki süre.

Özellikle spektrogram tabanlı özniteliklerin (Spec) modeller üzerindeki baskın etkisi, sistem tarafından üretilen bu istatistiksel metriklerle doğrulanır. Son aşamada, yüksek doğruluk ve düşük gecikme süresi arasındaki dengeyi temsil eden "Pareto Optimum" model belirlenerek öğrenme döngüsü tamamlanır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Literatürde bitki elektrofizyolojisi sinyallerinin sınıflandırılması üzerine yapılan güncel çalışmalar incelendiğinde, farklı uyaranlara karşı geliştirilen makine öğrenmesi ve derin öğrenme modellerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Örneğin, Gloor (2025), *Tradescantia pallida* (Mor Telgraf Çiçeği) bitkisi üzerinde çevresel (lamba açık/kapalı) ve duygusal (insanların mutlu/üzgün yüz ifadeleri) uyaranlara karşı bitkisel biyoelektriksel yanıtları incelemiştir[3]. Yazar, mel-spektrogramlar üzerinde derin öğrenme mimarisi olan ResNet18 modelini kullanarak çevresel uyaranlar için (0 saniye gecikme ile) %85,4, duygusal uyaranlar için ise (1 saniye gecikme ile) %73 doğruluk elde etmiştir[3]. Aynı çalışmada, ham sinyalden çıkarılan matematiksel özniteliklerle eğitilen klasik makine öğrenmesi modeli XGBoost kullanıldığında ise çevresel uyaranlarda %85,9, duygusal uyaranlarda %73,8 doğruluk oranına ulaşılmıştır[3]. Öte yandan Najdenovska vd. (2021), ticari domates (*Solanum lycopersicum*) bitkilerinde örümcek akarı istilası, kuraklık ve besin eksikliği gibi genel stres faktörlerini ayırt etmek amacıyla Gradient Boosted Tree (XGBoost) algoritmasını kullanarak %80,20 sınıflandırma doğruluğu elde etmiştir[2, 5]. Benzer bir domates bitkisi çalışmasında Hamed vd. (2024), su stresini algılamak için Cole eşdeğer devre parametrelerinden yararlanarak Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) modeli ile 0.89 F1 skoru (~%89 doğruluk) başarısı yakalamıştır[6]. Ayrıca Qin vd. (2020), buğday bitkilerinde tuza toleransın belirlenmesinde 1B-CNN (Bir Boyutlu Evrişimli Sinir Ağları) modelini başarılı bir şekilde kullanmıştır[4].

Bitkisel sinyallerin yapay zekâ ile analizinde öznitelik çıkarımı (feature extraction), sınıflandırma performansını ve doğruluğu doğrudan belirleyen kritik bir aşamadır. Kaynaklardaki bulgular değerlendirildiğinde, 'Ham Sinyal (Raw)' üzerinden çıkarılan istatistiksel ve zaman serisi özelliklerinin (Hjorth karmaşıklığı, MFCC, varyans vb.) ve zaman-frekans düzlemini temsil eden 'Spektrogram (Spec)' kullanımının benzer ve oldukça yüksek başarı oranları sunduğu kanıtlanmıştır[2, 3, 5]. Gloor (2025) çalışmasında ResNet18 ile spektrogram kullanımı ve XGBoost ile

ham sayısal öznitelik kullanımı arasında yalnızca %0,5 ile %0,8'lik marjinal doğruluk farkları saptanmış; her iki öznitelik uzayının da bitkisel sinyallerin uzamsal ve zamansal frekans kalıplarını yakalamada denk bir güce sahip olduğu belirtilmiştir[3]. Bu çalışmada Spektrogram (Spec) dönüşümleri üzerinden LightGBM ve ExtraTrees algoritmaları kullanılarak elde edilen %85,92 doğruluk oranı, literatürdeki benzer frekans düzlemi temelli çalışmalarla güçlü bir uyum sergilemektedir. Bu başarım oranı, Gloor'un spektrogram tabanlı ResNet lamba tespitinde elde ettiği %85,4[3] ve Najdenovska'nın dalgacık paketi entropisi gibi frekans özelliklerini dahil ettiği XGBoost modeliyle elde ettiği %80,20[2, 5], genel stres doğruluk oranlarını geride bırakmaktadır. Elde ettiğimiz bu yüksek oran, bitkilerin 5-25 Hz. bandında yoğunlaşan ve spektrogramlar aracılığıyla belirginleştirilen karakteristik salınımlarının sınıflandırıcılara son derece net bir karar sınırı sunduğunu doğrulamaktadır[3].

Model verimliliği, hesaplama maliyeti ve gecikme süresi (latency) perspektifinden bakıldığında; klasik makine öğrenmesi (XGBoost, LightGBM, ExtraTrees) algoritmaları ile derin öğrenme (CNN, ResNet) mimarileri arasındaki başarım ve verimlilik dengesi önem kazanmaktadır. Gloor (2025), ResNet18 modelinin eğitiminde donanım hızlandırması (Apple Silicon MPS optimizasyonu) kullanmak durumunda kalırken, ağaç tabanlı XGBoost modelinin yüksek performansını ve doğrudan yorumlanabilirliğini vurgulamıştır[3]. Najdenovska vd., zaman ve hesaplama maliyetini düşürmek amacıyla hız ve kaynak kullanımında optimize edilmiş olan XGBoost algoritmasını seçmiş; öznitelik uzayının küçültülmesinin aşırı öğrenme (overfitting) riskini azalttığına ve bir bitkinin 5 günlük sinyal verisini işleme süresini 4,5 saatten 30 dakikaya düşürerek sistemin hesaplama maliyetini kayda değer oranda hafiflettiğine değinmiştir[2, 5]. Önerdiğimiz çalışmada LightGBM ve ExtraTrees ile sınıflandırma aşamasında ulaşılan 0.0088 ms gibi oldukça düşük tahmin süreleri, derin öğrenme temelli modellere kıyasla olağanüstü bir hesaplama verimliliği sunmaktadır. Literatür verileriyle birleştirildiğinde bu çok düşük gecikme süresi, modellerimizin kısıtlı işlem gücüne sahip tarımsal sensörlerde ve IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı akıllı sera uygulamalarında gerçek zamanlı tespit için büyük bir operasyonel avantaj sağladığını ispatlamaktadır.

Sınıflandırma başarımları ve zaman parametreleri, doğrudan bitkisel sinyal iletim dinamikleri ve biyolojik yapı ile ilişkilidir. Biyolojik bulgulara göre, bitkilerdeki elektriksel aksiyon potansiyeli ve yavaş dalga potansiyeli iletim hızları yaklaşık 2-9 mm/s bandında gerçekleşmekte olup, bu hız hayvan sinir sistemlerindeki iletimden 1000 ila 15.000 kat daha yavaştır[7]. Bu aşırı yavaş iletim, hücre zarı potansiyellerinin oldukça düşük genlikli (mikrovolt düzeyinde) olması ve hücre çeperlerinin yarattığı düşük sinyal-gürültü (S/N) oranı ile birleştiğinde; sistemin çevresel elektromanyetik gürültülere veya mekanik artefaktlara son derece açık hale gelmesine yol açmaktadır[3, 4]. Biyolojik yanıt süreleri bağlamında Gloor (2025), elektromanyetik parazitlerin anında etki göstereceğini ancak gerçek biyolojik tepkilerin 1-2 saniyelik bir gecikme (lag) sonrası optimize olduğunu belirlemiştir[3]. Najdenovska vd. ise uzak mesafeli kimyasal-hidrolik tetiklemeli elektriksel sinyallerin tesisi vakit aldığından, en uygun öznitelik çıkarımı aralığının 1 ile 5 dakikalık sinyal pencereleri (windows) olduğunu tespit etmiştir[2, 5]. Çalışmamızda ulaşılan %85,92'lik doğruluk oranı; kurulan sınıflandırma modelinin bu oldukça yavaş hareket eden, gürültüye (noise) açık ve genliği düşük biyoelektriksel yanıtları, mekanik ve çevresel gürültülerden başarıyla izole ederek doğrudan bitkinin fizyolojik durumuyla ilgili karakteristik örüntüleri modelleyebildiğini göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, bitki elektrofizyolojik sinyallerinin yapay zekâ tabanlı sınıflandırılmasında öznitelik çıkarım yöntemlerinin ve algoritma seçiminin model başarımı üzerindeki etkileri sistematik olarak analiz edilmiştir. Elde edilen deneysel bulgular, bitki-bilgisayar etkileşimi ve hassas tarım teknolojileri için kritik öneme sahip olan doğruluk ve operasyonel hız dengesine dair önemli veriler Tablo 1'de sunulmaktadır.

MODEL SENARYOSU	DOĞRULUK (%)	EĞİTİM (sn)	TAHMİN (ms)
SVM (Raw)	%58,12	0.6778	0.6835
SVM (Spec)	%71,66	4.1745	4.1150
SVM (Hybrid)	%63,36	6.2154	4.5720
RF (Raw)	%59,39	3.6622	0.0199
RF (Spec)	%85,20	4.4533	0.0241
RF (Hybrid)	%83,21	5.3259	0.0243

XGBoost (Raw)	%61,37	3.8113	0.0040
XGBoost (Spec)	%85,56	6.0835	0.0088
XGBoost (Hybrid)	%83,57	11.0977	0.0124
LightGBM (Raw)	%62,27	3.4843	0.0094
LightGBM (Spec)	%85,92	2.4422	0.0211
LightGBM (Hybrid)	%83.03	4.9290	0.0265
KNN (Raw)	%51,99	0.0013	0.3125
KNN (Spec)	70.94	0.0160	0.1290
KNN (Hybrid)	%54,87	0.0095	0.1339
ExtraTrees (Raw)	%59,75	1.0165	0.0239
ExtraTrees (Spec)	%85,92	2.0613	0.0256
ExtraTrees (Hybrid)	%84,48	2.5221	0.0398
CNN (Raw)	%57,40	1.7639	0.3571
CNN (Spec)	%47,11	2.6799	0.2256
CNN (Hybrid)	%61,19	4.5125	69.0429

Tablo 1. 7 farklı yapay zekâ modeli ve 3 ayrı öznitelik ile 21 farklı senaryonun performans karşılaştırması.

Araştırma sonucunda elde edilen temel bulgular aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

Öznitelik Çıkarım Yöntemlerinin Etkisi: Çalışmada test edilen tüm makine öğrenmesi modellerinde, frekans düzlemi analizi (Spektrogram) yönteminin ham zaman serisi verilerine (Raw) oranla belirgin bir üstünlük sağladığı kanıtlanmıştır. Ham veri senaryolarında modeller %50-%62 bandında kısıtlı kalırken, spektrogram tabanlı öznitelikler başarı oranını ortalama %25-30 artırarak %85,92 seviyesine taşımıştır.

En Başarılı Model Mimarileri: Toplam 21 farklı senaryo içerisinde en yüksek doğruluk oranına %85,92 ile LightGBM (Spec) ve ExtraTrees (Spec) modelleri ulaşmıştır. Bu durum, gradyan artırmalı ve rastgele orman türevi ağaç modellerinin, bitki sinyallerindeki spektral örüntüleri tanımada doğrusal ve mesafe tabanlı modellere göre daha yetkin olduğunu göstermektedir.

Hibrit Veri Paradoksu ve Bilgi Fazlalığı: Literatürdeki beklentilerin aksine, ham veri ve spektrogramın birleştirildiği Hibrit (Raw + Spec) senaryoların çoğu modelde doğruluğu artırmadığı, aksine bazı durumlarda (örneğin SVM ve LightGBM) performansı düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu durum, ham verideki gürültü bileşenlerinin rafine edilmiş spektral özellikleri maskelediğini ve "bilgi fazlalığı" (redundancy) yaratarak modelin karar verme sürecini karmaşıklaştırdığını ortaya koymaktadır.

Operasyonel Verimlilik ve Tahmin Gecikmesi: Gerçek zamanlı uygulama potansiyeli açısından yapılan değerlendirmede, XGBoost (Raw) modeli 0,004 ms ile en düşük tahmin gecikmesini sunarken, en yüksek doğruluğu veren ExtraTrees (Spec) modelinin 0,0256 ms gecikme süresiyle operasyonel olarak son derece verimli olduğu saptanmıştır. Buna karşın, derin öğrenme (CNN) modellerinin yüksek hesaplama maliyeti ve nispeten düşük başarım oranları, mevcut veri seti ölçeğinde klasik topluluk öğrenmesi algoritmalarının daha rasyonel bir çözüm olduğunu göstermektedir.

Pareto Optimum Seçimi: Doğruluk, eğitim hızı ve tahmin gecikmesi metrikleri bir arada değerlendirildiğinde; ExtraTrees (Spec) modeli hem en yüksek başarıya ulaşması hem de eğitim süresini (2,06 sn) minimize etmesi nedeniyle çalışmanın "Pareto Optimum" mimarisi olarak belirlenmiştir.

Nihai olarak bu çalışma, bitki elektrofizyolojisinde "Spektrogram + Topluluk Öğrenmesi" kombinasyonunun, düşük donanımlı uç birim (Edge AI) cihazlarda bile yüksek hassasiyetli çevresel durum tespiti yapabileceğini

bilimsel olarak doğrulamıştır. Gelecek çalışmalarda, bu metodolojinin farklı stres faktörleri (kuraklık, hastalık vb.) altında test edilerek genelleme kapasitesinin artırılması hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında değerli akademik rehberliği ve vizyonuyla yol gösteren, teknik birikimiyle projeye büyük katkı sağlayan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Karaman'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

M. Dolfi *et al.*, "Electrical signaling related to water stress acclimation," *Sensing and Bio-Sensing Research,* vol. 32, 2021, doi: 10.1016/j.sbsr.2021.100420.

E. Najdenovska *et al.*, "Identifying General Stress in Commercial Tomatoes Based on Machine Learning Applied to Plant Electrophysiology," *Applied Sciences,* vol. 11, no. 12, 2021, doi: 10.3390/app11125640.

P. A. Gloor, "Plant Bioelectrical Signals for Environmental and Emotional State Classification," *Biosensors (Basel),* vol. 15, no. 11, Nov 5 2025, doi: 10.3390/bios15110744.

J. H. Li *et al.*, "Plant electrical signals: A multidisciplinary challenge," *J Plant Physiol,* vol. 261, p. 153418, Jun 2021, doi: 10.1016/j.jplph.2021.153418.

E. Najdenovska *et al.*, "Classification of Plant Electrophysiology Signals for Detection of Spider Mites Infestation in Tomatoes," *Applied Sciences,* vol. 11, no. 4, 2021, doi: 10.3390/app11041414.

S. Hamed, A. Altana, P. Lugli, L. Petti, and P. Ibba, "Supervised classification and circuit parameter analysis of electrical bioimpedance spectroscopy data of water stress in tomato plants," *Computers and Electronics in Agriculture,* vol. 226, 2024, doi: 10.1016/j.compag.2024.109347.

D. Madariaga *et al.*, "A library of electrophysiological responses in plants - a model of transversal education and open science," *Plant Signal Behav,* vol. 19, no. 1, p. 2310977, Dec 31 2024, doi: 10.1080/15592324.2024.2310977.

NESNELERİN İNTERNETİ AĞLARINDA HİZMET ENGELLEME SALDIRILARINA KARŞI N8N AÇIK KAYNAK OTOMASYON PLATFORMU İLE OTONOM TESPİT VE MÜDAHALE

AUTONOMOUS DETECTION AND RESPONSE TO DENIAL-OF-SERVICE ATTACKS IN INTERNET OF THINGS NETWORKS WITH THE N8N OPEN SOURCE AUTOMATION PLATFORM

Ömer KARCI[1]
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KARAMAN[2]

Özet

Akıllı ev sistemleri, sağlık, ulaşım, tarım, enerji ve güvenlik gibi birçok alanda hızla yaygınlaşan Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri, günlük yaşamın her alanında kullanılır hale gelmiştir. IoT cihazlarının düşük maliyetli ve sınırlı işlem gücüne sahip olması gibi nedenlerden dolayı, bu sistemleri Hizmet Aksatma (Denial of Service - DoS) gibi siber saldırılara karşı savunmasız hale getirmektedir. Bu çalışmada, IoT ağ ortamında hizmet aksatma saldırılarına otomatik olarak önlem almak amacıyla açık kaynaklı N8n iş akış otomasyonunun kullanılmasını modeli önerilmektedir. Önerilen sistemin iş akışı içerisinde, IoT ağ geçidine gelen trafik bilgilerinin gerçek zamanlı olarak analiz edilip, eşik değerlerle eşleştirilmesi ve anomali tabanlı DoS tespit operasyonlarının gerçekleştirilmesi yapılmaktadır. Tespit edilen saldırılar için N8n platformu üzerinden otomatik iş akışları tetiklenerek alarm üretimi, loglama ve güvenlik duvarı kurallarının dinamik olarak güncellenmesi sağlanmaktadır. İlerleyen iş akışında API ya da kara liste dosyası gibi yöntemlerle güvenlik duvarı üzerinden saldırganın engellenmesi veya trafiğin sınırlandırılması gibi güvenlik mekanizmaları devreye alınarak IoT cihazının ağ bağlantısı korunmuş olmaktadır. Sonuç olarak, N8n iş akış otomasyonu kullanımı IoT kullanılan ağlarda, sınırlı kaynaklara sahip cihazların siber güvenliği artırılmasına katkı sunmaktadır. IoT güvenliği için saldırıyı engelleme işlemleri hızlandırılmakta ve süreç otomatikleştirilmektedir.

Anahtar kelimeler: *N8n İş Akış Platformu, Nesnelerin İnterneti (IoT), Hizmet Aksatma Saldırısı (DoS), Saldırı Engelleme*

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, 91116925005@ogr.bozok.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, ibrahim.karaman@bozok.edu.tr

Abstract

Smart home systems, along with Internet of Things (IoT) technologies, which are rapidly becoming widespread in many fields such as healthcare, transportation, agriculture, energy, and security, have become integrated into every aspect of daily life. However, the low cost and limited processing power of IoT devices make these systems vulnerable to cyberattacks such as Denial of Service (DoS). This study proposes a model using the open-source N8n workflow automation to automatically mitigate Denial of Service attacks in an IoT network environment. The proposed system's workflow involves analyzing incoming traffic information to the IoT gateway in real-time, matching it with threshold values, and performing anomaly-based DoS detection operations. For detected attacks, automated workflows are triggered via the N8n platform to generate alarms, perform logging, and dynamically update firewall rules. In the subsequent workflow, security mechanisms such as blocking the attacker or restricting traffic via the firewall using methods like APIs or blacklist files are implemented, thus protecting the IoT device's network connection. In conclusion, the use of N8n workflow automation contributes to enhancing the cybersecurity of devices with limited resources in IoT networks. It accelerates and automates attack prevention processes for IoT security

Keywords: *N8n Workflow Platform, Internet of Things (IoT), Denial of Service (DoS) Attack, Attack Prevention*

1. Giriş

Günümüzde siber saldırganlar sadece sistemlere sızmayı hedeflememekte bazen tek amaçları bir hizmeti erişilemez hale getirerek maddi ve manevi zararlar vermek olmaktadır. Bunu yapmak için milyonlarca ağ trafiği aynı anda hedef sisteme yönlendirilmektedir(Tok, 2019:s.3). Dos saldırısı sonucunda yoğun trafik veya kötü amaçlı biçimlendirilmiş paketler hizmeti yavaşlatmakta ya da tamamen durdurmaktadır(Kılınç ve Eyüpoğlu, 2023:s.102). Buradaki temel problem sadece saldırının büyüklüğü olmayıp, saldırı başladıktan sonra müdahale süresi hizmetin aksamaması için önem arz etmektedir. Bu noktada otomasyon kritik hale gelmektedir. DoS saldırılarında ise dakikalar bile kritik olması sebebiyle N8n gibi iş akış platformları güvenlik mekanizmalarını otomatikleştirerek siber güvenlik işlemlerini hızlandırabilmektedir(Alfarizi ve Rivaldi,2026:s17).

2. N8n İş Akış Platformu

Geleneksel güvenlik operasyonlarında genellikle bu süreçlerden oluşmaktadır; trafik logları incelenir, anomali fark edilir, güvenlik ekibine bildirim gider, manuel analiz yapılır, firewall kuralları güncellenir, trafik filtrelenir(Efe, 2021:s.153). Ancak bu süreçteki her manuel adım zaman kaybettirmektedir. DoS saldırılarında kritik sistemler için zaman kaybı çok önemli sorunlara sebep olabilir(Barlas vd, 2025:s.136). Özellikle sağlık, enerji, tarım, güvenlik gibi IoT cihazlarının kritik rol aldığı sistemlerde N8n gibi iş akış platformları güvenlik operasyonlarının hızını önemli ölçüde artırabilir.

N8n açık kaynaklı bir iş akış otomasyon platformudur. Farklı sistemleri birbirine bağlayarak olaylara otomatik tepki verebilen akışlar oluşturmamızı sağlar(Ural, 2026:s.25). N8n en büyük özelliklerinden birisi de OpenAI, Gemini vb. yapay zeka sistemlerine entegre olarak bunları kullanabiliyor olmasıdır(Nakavisute ve Sincharoonsak, 2025:s.1786). Tasarlanan iş akış diyagramları ile firewall cihazları veya log yönetim sistemleri güvenlik otomasyonu içerisinde birleştirilerek otomatik aksiyonlar alınabilir(Alfarizi ve Rivaldi,2026:s17).

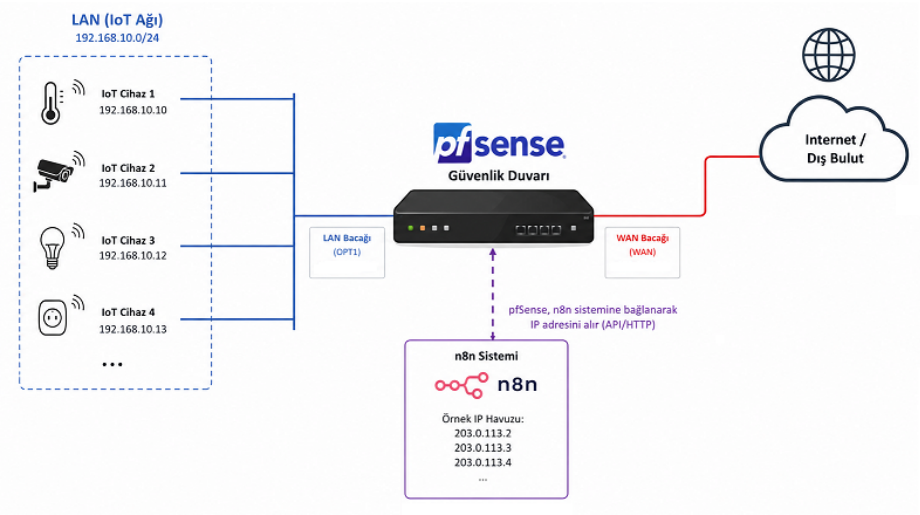
N8n ile aşağıdaki iş akışı sayesinde süreç otomatik hale getirilebilir:

- Saldırı logları firewall sisteminden webhook ile alınır.
- Belirlenen saldırı veya anomali tespit edilir.
- Engelleme yapılacak IP listesi oluşturulur.
- Firewall API'sine otomatik liste gönderilir.
- İstenirse siber güvenlik ekibine anlık alarm gönderilir.

3. Metodoloji

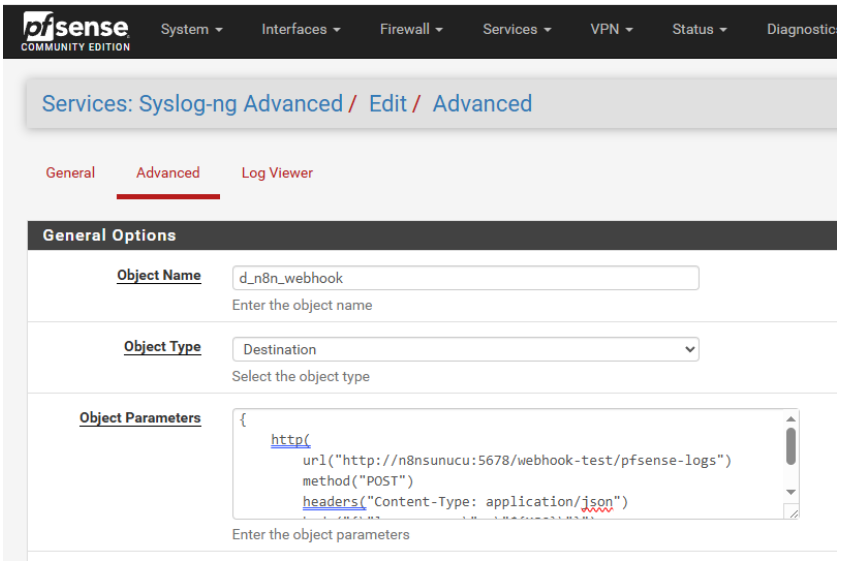
IoT ağını dış ağ üzerinden izole etmek amacıyla kurumsal güvenlik duvarları kullanılabileceği gibi ücretsiz olan open source güvenlik duvarları da tercih edilebilmektedir. Deneysel sistemimizde open source güvenlik duvarlarından yaygın olarak kullanılan Pfsense Community Edition tercih edilmiştir. Pfsense güvenlik duvarı kurullumu için Oracle VirtualBox sanallaştırma sistemi kullanılmış ve iki adet ağ bağdaştırıcısı tanımlanarak ağ ayarları yapılmıştır.

Tasarlanacak olan senaryoda IoT cihazlarının bağlı olduğu ağda güvenlik duvarı veya ağ geçinden gelen trafik logları dinlenir. Loglardan tespit edilen saldırı algılanınca süreç başlatılır. Dos saldırılarının önlenmesi aşamasında N8n alınacak aksiyonları yönetecek bir beyin görevi görecektir. Planlanan senaryo için test ortamı olarak lokal sunucu üzerine N8n kurulumu için Docker altyapısı kullanılmıştır.



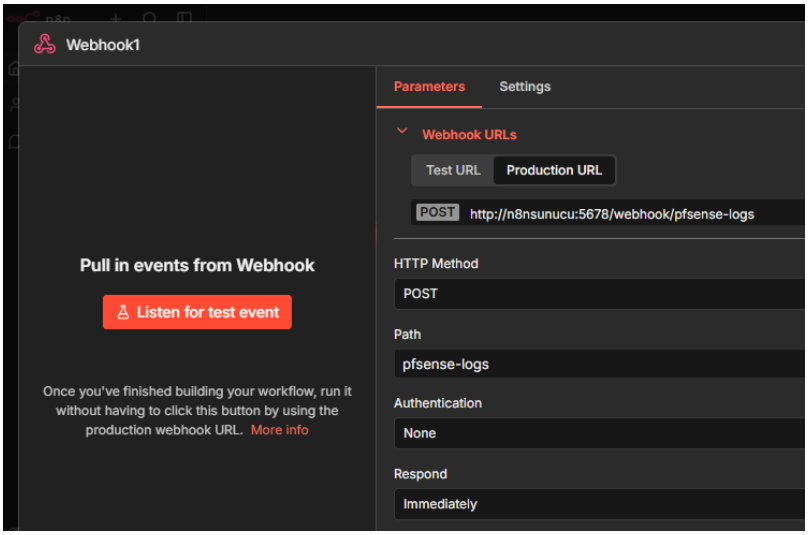
Şekil 1. Tasarlanan ağ diyagramı

Pfsense üzerinde dış(Wan) ve IoT cihazlarımızın bulunduğu iç(Lan) network ayrılarak trafik loglarının oluşması sağlanmıştır. Pfsense üzerinde 'Suricata' servisi kurularak, Dos saldırı tespiti için gerekli kurallar tanımlanmıştır. Suricata loglarının alarm olarak N8n' gönderilebilmesi için Pfsense üzerine Syslog-ng servisi kurularak gelişmiş ayarlar bölümünden "destination" ve "log" ayarları yapılmıştır.



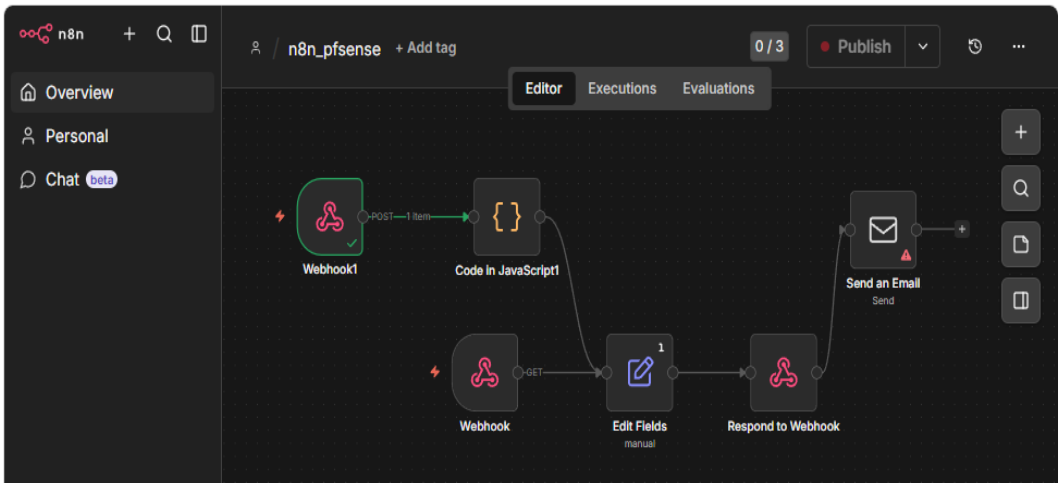
Şekil 2. Pfsense log kaydının N8n sunucusuna gönderimi

N8n üzerinden Syslog-ng servisi ile gönderilen log kaydı Webhook düğümü ile alınır.



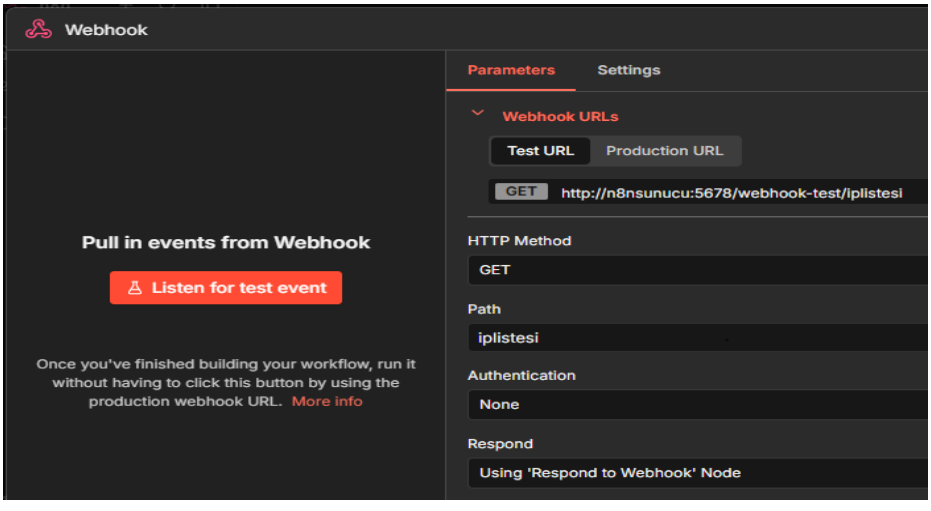
Şekil 3. Pfsense'ten log kaydının alınacağı N8n Webhook düğümü

Webhook üzerinden alınan log kayıtlarından Source IP bilgisi Code düğümü ile alınarak mevcut IP adreslerinin olduğu kara listeye eklenmek üzere işlenir. N8n üzerinde sürece ait iş akışlarımız oluşturulur.



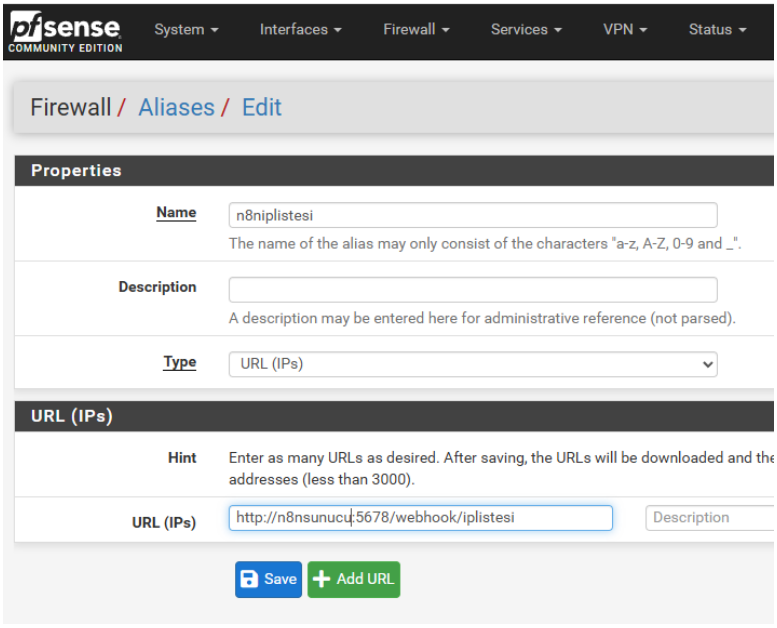
Şekil 4. N8n üzerinde tasarlanan iş akış diyagramı

N8n sunucusunda servis edilen IP listeleri; Webhook ve Respond to Webhook düğümleri sayesinde Pfsense tarafından Url üzerinden erişilebilir hale gelir.



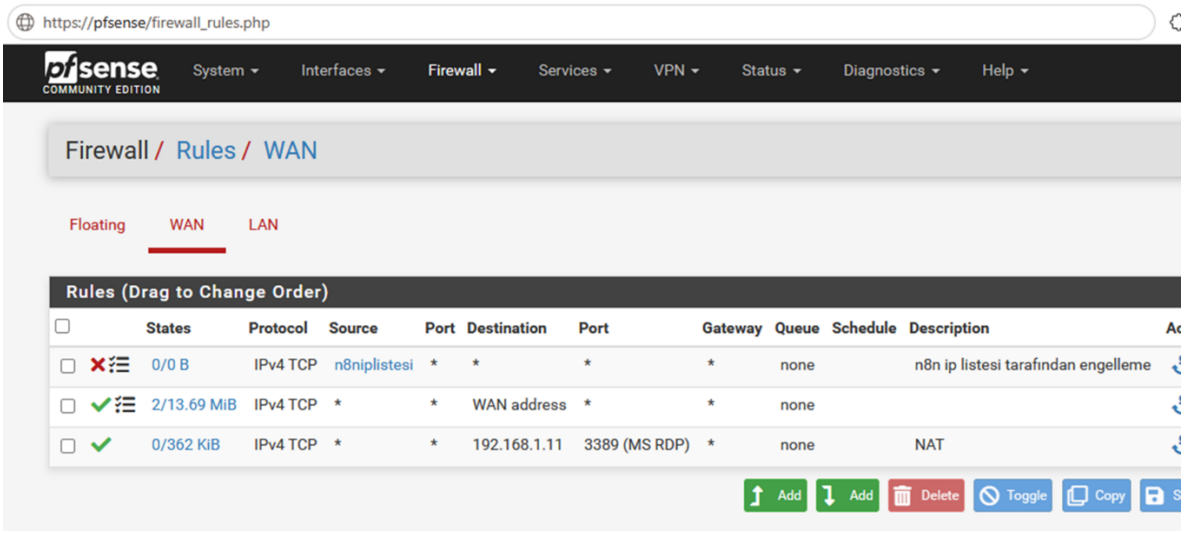
Şekil 5. N8n Webhook IP listesi bağlantısı

Pfsense ile Url üzerinden ip adresi alınabilmesi için bir Alias oluşturularak N8n üzerinde paylaşılan IP listenin adresi buraya yazılır.



Şekil 6. Pfsense üzerinde IP listesi için Alias oluşturulması

Pfsense üzerinde WAN tarafında engelleme kuralı oluşturularak Source alanında daha önceden tanımlanan Url Alias'taki isim verilir ve bu sayede saldırı yapan IP adreslerinden gelecek trafiğin engellenmesi sağlanır.



Şekil 7. Pfsense'te kara listeyi engelleme kuralı

4. Bulgular

Oluşturulan iş akışlarıyla otomatik olarak kara liste oluşturularak güvenlik duvarı üzerinden saldırganın engellenmesi sağlanarak IoT cihazının ağ bağlantısı korunmuş olmaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç

Siber güvenlikte Dos saldırıları çok hızlı aksiyon alınmasını gerektiren durumlardır. Siber güvenliğini kritik olduğu diğer ağ yapılarında da N8n ve benzeri iş akış sistemlerinin kullanımı bilişim personellerinin işlerini kolaylaştıracak, hizmetlerin kesintisiz olarak yürütülmesini sağlayacaktır. Kurumsal yapılarda N8n'in açık kaynak kodlu olması ve kurum sunucularında çalıştırılabilmesi sayesinde hassas verilerin olduğu log kayıtları kurum dışına çıkartılmamış olacaktır. Dikkat edilmesi gereken bir hususta saldırı olarak algılanan normal trafik sonucu istemci IP adresinin de yanlış pozitif olarak kara listeye eklenmesi olacaktır. Bu durumlarda sürekli olarak kara

listede IP adresinin bulunması sorununa çözüm için N8n üzerinde geçici bir süre için listeyi güncelleme iş akışları oluşturularak saldırı sonrası IP adresinin listeden çıkartılması sağlanmalıdır. Yanlış pozitif olarak eklenecek kayıtlar sebebiyle zincirleme servis kesintilerine sebep olmamak amacıyla siber güvenlik personeline bilgi verilerek onay gerektiren ya da manuel olarak IP adreslerinin eklenmesini sağlayan daha gelişmiş iş akışları da tasarlanabilmektedir.

Sonuç olarak N8n ve benzeri iş akış sistemleri istenilen görevleri çok hızlı bir şekilde yerine getiren, yapay zeka ajanları da entegre edilerek kullanılabildiği bir otomasyon olarak siber güvenliğe katkı sağlayabilmektedir.

Kaynakça

Alfarizi, N., & Rivaldi, R. (2026). *Event-Driven Intrusion Detection and Response Automation Using n8n Workflow Platform.* Journal of Technology and Computer, 3(1), 16-23.

Barlas, M., Ertekin, B., & Henkoğlu, T. (2025). *Nesnelerin İnternetine (Iot) İlişkin Zafiyetler ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Çalışmaların Analizi.* International Journal of Management Information Systems and Computer Science, 9(2), 121-141.

Efe, A. (2021). *Yapay Zeka Odaklı Siber Risk ve Güvenlik Yönetimi.* International Journal of Management Information Systems and Computer Science, 5(2), 144-165.

Kılınç, F., & Eyüpoğlu, C. (2023). *Ağ Ortamındaki Saldırı Türleri: Saldırı Senaryo Örnekleri.* İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 6(1), 99-109.

Nakavisute, I., & Sincharoonsak, T. (2025). *Optimizing the automation process with n8n*. TPM–Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology, 32(S8), 1786-1793.

Tok, M. S. (2019). *Nesnelerin internetinde botnetler: Mirai zararlı yazılımı üzerine bir çalışma.* TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Ural, G. (2026). Yapay Zeka ile Şiir Çevirisinde Erişim Destekli Üretim (RAG) Mimarisi Yönteminin Çeviri Kalitesine Etkisi Üzerine Bir Değerlendirilme. Abant Çeviribilim Dergisi, 4(1), 19-36.

AKILLI KAVŞAK SİSTEMLERİNİN DÖNÜŞÜMÜNDE DİJİTAL İKİZ UYGULAMALARI

DIGITAL TWIN APPLICATIONS IN THE TRANSFORMATION OF SMART INTERSECTION SYSTEMS

Şerife Nur ÇİFTCİ[1]
Prof. Dr. Seyfettin Sinan GÜLTEKİN[2]
Prof. Dr. Esma UZUNHİSARCIKLI[3]

Özet

Günümüzde artan kentleşme ve taşıt kullanımı, şehir içi ulaşımda trafik sıkışıklığı, uzun bekleme süreleri ve kapasite yetersizliği gibi problemi beraberinde getirmektedir. Bu problemlerin aşılması için Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ve bu sistemlerin önemli bir bileşeni olan dijital ikiz teknolojisi ön plana çıkmaktadır. Dijital ikiz, fiziksel bir nesnenin veya sistemin gerçek zamanlı verilerle beslenen sanal bir temsilidir ve sistem performansını simüle ederek optimizasyon süreçlerinde büyük kolaylıklar sağlar. Bu çalışmanın temel amacı, Batman ilinde adaptif sinyalizasyon sistemiyle faaliyet gösteren Worldmar kavşağının dijital ikizi oluşturarak; kavşak geometrisi ve sinyalizasyon yapısında yapılabilecek değişikliklerin trafik performansı üzerindeki etkilerini (bekleme sürelerinin azaltılması, yoğunluğun yönetilmesi vb.) önceden değerlendirmektir.

Çalışmada yöntem olarak, kavşakların sanal ortamda modellenmesi ve analizlerinin yapılması için AIMSUN Trafik Modelleme ve Simülasyon programı kullanılmıştır. Sistemden alınan ve GEH (Geoffrey E. Havers) istatistiği ile kalibre edilen gerçek zamanlı veriler doğrultusunda, trafiğin en yoğun olduğu 14:59-15:59 saat aralığı incelenmiştir. Trafiği rahatlatmaya yönelik üç farklı strateji sanal model üzerinde test edilmiştir: yol kenarı parklanmalarının kaldırılması, trafik akışını önceliklendiren yeni sinyalizasyon planının geliştirilmesi ve ana yol şerit sayılarının artırılması.

Simülasyon bulguları, üç yöntemin ayrı ayrı iyileşmeler sağladığını; ancak eş zamanlı uygulanmasının en yüksek verimliliği sunduğunu göstermektedir. Beklenen bulgular ışığında; Worldmar Kavşağı'nda tüm iyileştirmelerin aynı anda uygulanmasıyla gecikme sürelerinde %16,68, durma sayısında %22,22, durma süresinde %17,46 azalma ve ortalama hızda %14,08 artış tespit edilmiştir. Sonuç olarak, dijital ikiz teknolojisi sayesinde trafik gibi karmaşık sistemlerde fiziksel müdahaleler yapılmadan önce senaryoların test edilmesi, karar alma süreçlerini hızlandırarak şehir içi ulaşımın akıcı ve verimli hale gelmesini sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Akıllı Kavşak Sistemleri, Dijital ikiz, Gerçek Zamanlı Veri, Trafik Simülasyonu, Trafik Yönetimi*

[1] Mosaş Akıllı Ulaşım Teknolojileri A.Ş., e238221002010@ktun.edu.tr
[2] Yozgat Bozok Üniversitesi, s.sinan.gultekin@yobu.edu.tr
[3] Yozgat Bozok Üniversitesi, esma.uzunhisarcikli@yobu.edu.tr

Abstract

Today, rapid urbanization and increased vehicle usage lead to several challenges in urban transportation, including traffic congestion, prolonged waiting times, and capacity shortages. To overcome these challenges, Intelligent Transportation Systems (ITS) and digital twin technology a crucial component of these systems have come to the forefront. A digital twin is a virtual representation of a physical object or system continuously updated with real-time data; it greatly facilitates optimization processes by simulating system performance.

The primary objective of this study is to develop a digital twin of the Worldmar Intersection in Batman province, which operates with an adaptive signalization system. By doing so, the study aims to pre-evaluate the impacts of potential modifications in intersection geometry and signalization structure on traffic performance (e.g., reducing wait times, managing congestion). Methodologically, the AIMSUN Traffic Modeling and Simulation software was utilized to model the intersection in a virtual environment and conduct subsequent analyses. Based on real-time data retrieved from the system and calibrated using the GEH (Geoffrey E. Havers) statistic, the peak traffic time window between 14:59 and 15:59 was examined.

Three distinct strategies aimed at alleviating traffic were tested on the virtual model: the elimination of roadside parking, the development of a new signalization plan prioritizing traffic flow, and the expansion of the number of main road lanes. Simulation findings indicate that while each of the three methods yielded individual improvements, their simultaneous implementation provided maximum efficiency. In light of the projected findings, the concurrent application of all improvements at the Worldmar Intersection resulted in a 16.68% reduction in delay times, a 22.22% decrease in the number of stops, a 17.46% reduction in stop duration, and a 14.08% increase in average speed. In conclusion, testing various scenarios prior to physical interventions in complex systems such as traffic, facilitated by digital twin technology, accelerates decision-making processes and enables urban transportation to become more fluid and efficient.

Keywords: *Smart Intersection Systems, Digital Twin, Real-Time Data, Traffic Simulation, Traffic Management*

Giriş

Trafik sıkışıklığı, çevresel etkiler, enerji tüketimi ve güvenlik sorunları gibi kritik problemler, ulaşım altyapılarının dijitalleşmesi ve akıllı teknolojilerle desteklenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS), teknolojinin ulaşımda etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak şehirlerin karşılaştığı ulaşım sorunlarını çözmeyi hedeflemektedir. AUS, gerçek zamanlı veri analizi, yapay zekâ tabanlı optimizasyon, araçtan araca (V2V) ve araçtan altyapıya (V2I) iletişim gibi teknolojilerle hem kullanıcı deneyimini geliştirmekte hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.

Bu kapsamda, Dijital İkiz teknolojisi, akıllı ulaşım sistemlerinde önemli bir yenilik olarak ortaya çıkmıştır. Dijital ikiz, fiziksel bir varlığın veya sistemin dijital bir temsili olarak, fiziksel ve sanal dünyalar arasındaki köprüyü kurar. Gerçek zamanlı verilerle desteklenen bu dijital modeller, ulaşım sistemlerinin daha etkin bir şekilde izlenmesine, analiz edilmesine ve optimize edilmesine olanak tanır. Örneğin, trafik akışının tahmin edilmesi, alternatif rotaların değerlendirilmesi veya kaza senaryolarının simüle edilmesi gibi süreçler, dijital ikiz teknolojisi ile daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bunun yanı sıra, dijital ikizler, sürücüsüz araçlardan akıllı kavşak yönetimine kadar çok çeşitli uygulama alanlarıyla ulaşımın her boyutunda yenilikçi çözümler sunmaktadır [1], [2], [3].

Bu çalışmada, Batman ilinde bulunan tam adaptif sinyalizasyon sistemi kurulu olan bir adet kavşak noktasının tam adaptif sinyalizasyon sisteminde çalışmaya devam ederken kavşak sinyalizasyon planında ve geometrik yapısında değişiklikler yapılarak ayrı ayrı AIMSUN Trafik Modelleme ve Simülasyon programı aracılığı ile performans analizleri yapılmıştır. Bu yöntemler detaylandırılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılıp yorumlanarak ortaya konulmuştur.

Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Dijital İkiz Teknolojisi: Detaylı Bir İnceleme

Dijital ikiz teknolojisi ve ulaşım sistemlerine uygulamaları

Dijital ikizler, akıllı ulaşım sistemlerinde birkaç ana alanda kullanılmaktadır:

Trafik yönetimi ve optimizasyonu

Dijital ikizler, trafik akışını simüle ederek, şehirdeki araç hareketliliğini optimize etmek için kullanılabilir. Sensörlerden, kameralar ve GPS cihazlarından toplanan veriler, dijital ikizlere aktarılır ve şehirdeki tüm trafik sistemi, sanal ortamda modellenir. Bu model sayesinde, trafik yoğunluğu, kazalar ve trafik sıkışıklığı gibi durumlar simüle edilerek, daha iyi çözüm önerileri sunulabilir. Örneğin, Wang ve arkadaşları, dijital ikizlerin şehir içi trafik yönetimi ve yol güvenliği için nasıl optimize edilebileceğini göstermiştir [4].

Akıllı ulaşım ağları ve iletişim

Dijital ikizler, araçlar arasındaki iletişimi (Vehicle-to-Vehicle, V2V) ve araç ile altyapı arasındaki iletişimi (Vehicle-to-Infrastructure, V2I) yönetmek için kullanılabilir. Bu teknolojiler, araçların birbirleriyle ve altyapı ile etkileşimde bulunarak daha güvenli ve verimli bir trafik akışı sağlanmasına yardımcı olur. Wu ve arkadaşları, dijital ikizlerin V2V ve V2I teknolojilerini nasıl desteklediğini ve trafik kazalarını azaltmada nasıl bir rol oynadığını tartışmaktadır [5].

Trafik kazalarının erken tahmin edilmesi

Dijital ikizler, mevcut trafik koşullarını sürekli olarak izleyerek, kaza olasılıklarını tahmin edebilir. Araçların hızları, yol durumu, hava koşulları gibi veriler dijital ikizle entegre edilerek, yüksek riskli bölgeler veya zaman dilimleri belirlenebilir. Bu bilgiler, trafik güvenliği önlemlerini almak için kullanılabilir.

Karbon ayak izi ve çevre yönetimi

Dijital ikizler, araçların ve trafik ağlarının çevresel etkilerini takip etmek için de kullanılabilir. Özellikle karbonsuz ulaşım hedeflerine yönelik olarak, enerji tüketimi ve emisyon seviyeleri simüle edilerek daha sürdürülebilir ulaşım sistemleri tasarlanabilir. Miehe ve arkadaşları, dijital ikizlerin ulaşımda enerji verimliliği sağlamada önemli bir araç olduğunu belirtmektedir [6].

Otonom araçlar ve dijital ikizler

Otonom araçların geliştirilmesinde dijital ikizler kritik bir rol oynamaktadır. Bu araçların çevreyi anlaması ve doğru kararlar vermesi için dijital ikizlerle yapılan simülasyonlar kullanılır. Wang ve arkadaşları, otonom araçların dijital ikizler ile eğitim alarak daha güvenli ve etkili şekilde çalışabileceğini ortaya koymuştur [4]. Bu araştırmalar, dijital ikizlerin akıllı ulaşım sistemlerinde nasıl önemli değişiklikler yapabileceğini ve bu teknolojinin ulaşımın geleceğinde nasıl büyük bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Dijital İkiz Teknolojisinin Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Uygulanması ve Sonuçları

Bu çalışmada karşılaştırmalar sayısal verilerle yapılmak istendiği için AIMSUN Trafik Modelleme ve Simülasyon Programı kullanılmıştır. Geometrik model için ilgili kavşak noktasına ait Google Earth çizimi altlık olarak kullanılmıştır. Mikro-simülasyon programları ile üretilen modellerin kalibre edilmesi gerekmektedir. Kalibrasyon için literatürde birçok yöntem bulunmaktadır. Çalışma kapsamında üretilen modellerin kalibrasyon değerlerini ölçmek için GEH (Geoffrey E. Havers) İstatistiği formülü kullanılmıştır. GEH İstatistiği, trafik mühendisliğinde, trafik tahmininde ve trafik modellemede iki trafik hacmi kümesini karşılaştırmak için kullanılan bir formüldür. GEH formülü, adını 1970'lerde Londra, İngiltere'de ulaşım planlamacısı olarak çalışırken icat eden Geoffrey E. Havers'tan alıyor. Her ne kadar matematiksel formu bir teste benzese de gerçek bir istatistiksel test değildir. Daha ziyade, çeşitli trafik analizi amaçları için yararlı olduğu kanıtlanmış deneysel bir formüldür [7]. Kalibrasyon yapılırken kavşağa giren araç hacimleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre GEH kriterleri sağlanmaktadır ve kurulan AIMSUN modelinden elde edilen sonuçların kullanılabileceği görülmüştür.

Kavşak geometrisi modelleri

Tam adaptif sinyalizasyon sisteminin kurulu olduğu bir adet kavşak geometrik yapısı bu çalışma dâhilinde modellenmiştir. AIMSUN modeli oluşturulurken çok sayıda parametre girişi ve model çizim çalışması yapılmıştır. AIMSUN modeli kapsamında trafik sıkışıklığını etkileyen yol genişliği, şerit sayıları, dönü***ş şeritleri, şerit ve yol kapasitesi, hız sınırları, sinyalizasyon yerleşimi gibi girdiler kullanılmıştır.***

Araçların sürüş modelinin belirlenmesi için sürücü agresiflik katsayısı, sürücü tepki süresi, şerit uyumluluk seviyesi ve benzeri parametreler; optimizasyon süreci, kavşakta yapılan gözlemler ve hata testleri doğrultusunda kalibre edilmiştir. Bu süreçte kavşağın akım yönlerinin ve yoğunluklarının gözle takibi yapılmış, bu zaman aralıklarında gözle sayımlar ile bu bilgi zenginleştirilmiş ve bu sayımlar AIMSUN' a aktarılarak gözle takibi yapılan yoğunlukların simülasyon programında eşleştiği teyit edilene kadar trafik modelleri düzenlenmiştir.

Bu çalışmada kavşağa yönelik yapılan AIMSUN simülasyonlarında kullanılmış olan parametreler aşağıda sıralanmıştır:

- Her simülasyon tam adaptif sinyalizasyon sisteminden alınan trafik verisi ile yapılmıştır.
- Simülasyonlarda dört araç sınıfı kullanılmıştır.
- Simülasyonlara yaya fazı dahil edilmemiştir.
- Simülasyonlar AIMSUN Next 24.0.1 ile yapılmıştır.
- Kavşakta birleşen yolların eğimleri sıfır kabul edilmiştir.
- Kavşaktaki gözle görülür parklanmalar simülasyona dahil edilmiştir.

Kavşak kontrol modelleri

Bu bölümde, Turgut Özal Bulvarı üzerinde bulunan Worldmar Kavşağının mevcut tam adaptif sinyalizasyon planları ve geometrik modelleri üzerinde yer alan faz şemalarına yer verilmiştir.

Tam adaptif sinyalizasyon planları

Tam adaptif sinyalizasyon sistemi modeli, anlık olarak değişen sinyalizasyon süre, faz ve çevrim süreleri üzerine kuruludur. Kararlar aynı faz içinde her saniyede güncellenir. AIMSUN simülasyonunda sinyalizasyonun tanımlanması için öncelikle ilgili sinyal grupları modele eklenmiştir. Sinyalizasyon verilerinin girişi yapılırken AIMSUN yazılımının ihtiyaç duyduğu aktif akış yönü, yeşil ışık başlangıç anı, yeşil ışık süresi, koruma süresi, toplam faz süresi bütün akış yönleri için 1'er saatlik dilimlerde simülasyon programına beslenmiştir.
Tablo 1'de Worldmar Kavşağı'nın AIMSUN simülasyonunda mevcut tam adaptif sinyalizasyon planında kullanılan minimum ve maksimum süreleri gösterilmektedir. Worldmar Kavşağı'nın tam adaptif sinyalizasyon planı 4 fazla çalışmaktadır. Kavşaktaki toplam geçiş süresi 5 saniyedir.

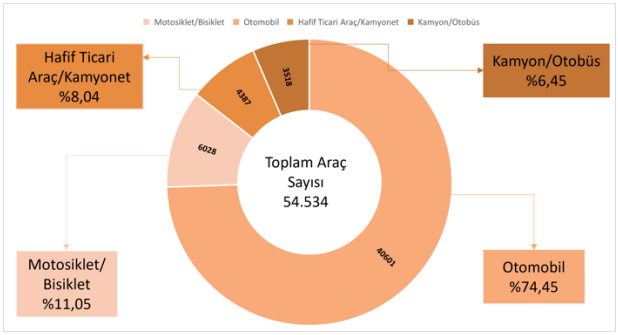
Tablo 1. Worldmar Kavşağı'nın Minimum ve Maksimum Süreleri

Faz	Minimum Süre (sn)	Maksimum Süre (sn)
Q5	10	31
Q6	10	22
Q7	10	31
Q8	10	22

Kavşak trafik modeli

AIMSUN simülasyonunda kullanılan trafik verileri, tam adaptif sinyalizasyon sisteminden alınan bir saatlik kümülatif araç sayım verilerine dayandırılmış ve bu araçlar simülasyona yine bir saatlik zaman aralıklarına eşit şekilde dağıtılarak beslenmiştir.

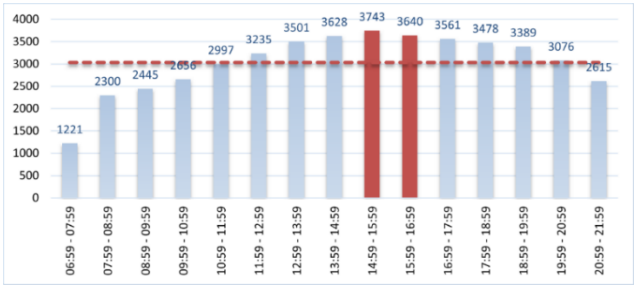
Tam adaptif sinyalizasyon sisteminin veri tabanında mevcut olan trafik verisi, bu bir saatlik zaman aralıklarında araçların kavşakta kullandığı rotaya göre (kavşağa giriş yönü-kavşaktan çıkış yönüne göre) gruplamakta, gruplama işleminin yanı sıra bu araçları motosiklet/bisiklet, otomobil, hafif ticari araç/kamyonet ve kamyon/otobüs olarak dört farklı sınıfa ayırmaktadır.
Worldmar Kavşağı'na ait 23.01.2025 tarihinde tam adaptif sinyalizasyon sisteminden alınan 00:00-23:59 arasındaki veriler doğrultusunda günlük trafiğin araç sınıflarına göre yüzdesel dağılımlarına Şekil 1.'de yer verilmiştir.



Şekil 1. Taşıt Sınıflarının Worldmar Kavşağı İçindeki Payları

23.01.2025 tarihindeki bir günlük veriler doğrultusunda Turgut Özal Bulvarı üzerinde yer alan Worldmar Kavşak noktasından geçen araç sayısı 54.534'tür. Şekil 1.'de yer alan grafiğe bakıldığında, trafiğin %11,05'ini motosiklet/bisikletin, %74,45'ini otomobilin, %8,04'ünü hafif ticari araç/kamyonetin ve %6,45'ini kamyon/otobüsün oluşturduğu görülmektedir.

Kavşaktaki trafik akışının yoğun olduğu saatlerin saptanması adına kavşak noktasına ait 06:59-21:59 saatleri arasındaki birer saatlik trafik verileri sütun grafiği olarak gösterilmiştir.
Şekil 2.'de, Worldmar Kavşağı'na ait 23.01.2025 tarihinde elde edilen 06:59-21:59 saat aralığındaki birer saatlik trafik verileri yer almaktadır.



Şekil 2. Worldmar Kavşağı'na Ait Birer Saatlik Trafik

Şekil 2.'de, Worldmar Kavşağı'nın 14:59-15:59 saat aralığında en yoğun trafik akışına sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, 14:59-15:59 saat aralığındaki verilerin analizlerde kullanılmasına karar verilmiştir. Kavşaktan geçen taşıtların ortalaması, grafikte kesikli çizgi şeklinde gösterilmiştir.

23.01.2025 tarihinde elde edilen elde edilen veriler doğrultusunda simülasyonlarda kullanılan 14:59-15:59 saatleri arasında Worldmar Kavşağı'na giren araçlar ve bu araçların sınıflandırılmış sayıları Tablo 2.'de yer almaktadır. İlgili saatler içerisinde Worldmar Kavşağı'nda;

- Motosiklet/ Bisiklet sınıfındaki araçlar toplam trafiğin %16,06'sını,
- Otomobil sınıfındaki araçlar toplam trafiğinin %79,05'ini,
- Hafif Ticari Araç/Kamyonet sınıfındaki araçlar toplam trafiğinin %3,18'ini,
- Kamyon/Otobüs sınıfındaki araçlar toplam trafiğinin %1,71'ini oluşturmaktadır.

Tablo 2. Worldmar Kavşağı 1 Saatlik ve Toplam Araç Sayımları

Worldmar Kavşağı	1 Saatlik Araç Sayımları	Toplam Araç Sayımları
Motosiklet/ Bisiklet	601	6.028
Otomobil	2.959	40.601
Hafif Ticari Araç / Kamyonet	119	4.387
Kamyon / Otobüs	64	3.518
Toplam Araç	3.743	54.534

Tablo 3.'te Worldmar Kavşağı'nın 23.01.2025 tarihinde 14:59-15:59 saatleri arasındaki yönden yöne toplam araç sayım verileri sayım tablosu gösterilmektedir. Kavşak modellerine araç trafiğinin atanmasında bir saatlik kümülatif giriş varış sayımları matrisleri kullanılmaktadır.

Tablo 3. Worldmar Kavşağı'nın Araç Sayım Verileri Giriş Varış Sayımı Tablosu

Yön İsmi	Yön no	Mahatma Gandhi Bulv. Gelis (R1)	Turgut Ozal Blv. Geliş (R2)	İnsan Hakları Blv. Geliş (R3)	Emniyet. Geliş (R4)	Toplam Araç
Mahatma Gandhi Bulv. Geliş (R1)	Route 1	2	82	330	281	695
Turgut Ozal Blv. Geliş (R2)	Route 2	211	68	279	808	1.366
İnsan Hakları Blv. Geliş (R3)	Route 3	327	168	10	86	591
Emniyet Geliş(R4)	Route 4	255	672	117	47	1.091
Toplam Araç		795	990	736	1.222	3.743

Metodoloji

AIMSUN simülasyon programı ile elde edilen performans parametreleri ve bu parametrelerin hesaplanma yöntemleri aşağıda verilmiştir.

Gecikme süresi (sn/km)

Gecikme süresi, araç başına kilometrede görülen kavşaktan kaynaklı gecikmeye işaret eder. Bu da ideal koşullar altında hareket eden aracın beklenilen seyahat süresi ile simülasyonda görülen seyahat süresinin farkına eşittir. Hesaplanması esnasında bütün araçların ortalaması alınarak saniye/kilometre olarak hesaplanır.

$$DT_{sys} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sys}} DT_i}{N_{sys}} \quad (1)$$

DT_{sys} = Araç başına kilometrede ortalama gecikme süresi (sn/km)
NS_{sys} = Araç başına kilometrede düşen ortalama durma sayısı

Araç başına gecikme (sn)

Kavşak bölgesindeki toplam seyahat süresinin kavşak modeline giriş yapan araç sayısına bölünmesi ile elde edilen ortalama gecikme değeridir.

Ortalama hız (km/sa)

Sistemi terk eden bütün araçların kat ettikleri yol boyunca sahip oldukları ortalama hızların toplamda ortalamasıdır.

$$S_{sys} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sys}} S_i}{N_{sys}} \times 3.6 \quad (2)$$

S_{sys} = Araç başına ortalama hız (km/sa)
N_{sys} = I periyodu boyunca modeli terk eden araç sayısı

Durma süresi (sn/km)

Durma süresi harekete hazır halde durma şeklinde geçen sürenin ortalamasıdır. Araç başına kilometre de bir olarak hesaplanır.

$$ST_{sys} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sys}} ST_i}{N_{sys}} \quad (3)$$

ST_{sys} = Araç başına kilometreye düşen ortalama durma süresi (sn/km)

NS_{sys} = Araç başına kilometreye düşen ortalama durma sayısı

Durma sayısı (adet)

Model boyunca hareket eden bütün araçların toplam dur-kalk sayısının araç başına ortalaması değeridir.

Bulgular

Kent içi trafik yönetimi, ulaşım sistemlerinin verimli işlemesini sağlamak adına kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde artan araç yoğunluğu ve trafik sıkışıklığı, akıllı ulaşım sistemlerinin ve adaptif sinyalizasyon stratejilerinin daha etkin bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Özellikle, kavşaklarda meydana gelen yoğunluk ve bekleme süreleri, şehir içi ulaşımın akıcılığını olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

Bu çalışmada, halihazırda adaptif sinyalizasyon sistemiyle çalışan Worldmar Kavşağının dijital ikizi AIMSUN simülasyon ortamında ele alınmıştır. Söz konusu kavşakta, kavşak geometrisi ve sinyalizasyon yapısında yapılan değişikliklerin trafik performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Söz konusu kavşaklar, şehrin önemli arterlerinden biri olan Turgut Özal Bulvarı üzerinde konumlanmaktadır ve bölgedeki trafik akışının düzenlenmesinde kritik rol oynamaktadır. Kavşağın mevcut durumu göz önüne alındığında, trafik sıkışıklığını azaltmak ve akışı iyileştirmek adına birtakım düzenlemeler tavsiye edilmiştir.

Bu kapsamda, kavşağın dijital ikizinde AIMSUN simülasyon yazılımı kullanılarak çeşitli senaryolar oluşturulmuş ve yol kenarı parklanma düzenlemeleri, sinyalizasyon optimizasyonu ve şerit sayısı değişiklikleri gibi parametreler değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına dayanarak, yapılan değişikliklerin kavşak performansı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Park lambalarının kaldırılması

Worldmar Kavşağında trafik akışını iyileştirmek amacıyla yapılan ilk değişiklik, İnsan Hakları Bulvarı'nın hem geliş hem de gidiş yönünde ve Mahatma Gandhi Bulvarı'nın gidiş yönünde yol kenarı parklanmalarının kaldırılmasıdır. Park alanlarının kaldırılması, yolun etkin kullanımını artırarak araçların sürekli dur-kalk yapmasını engellemeyi ve kavşak yaklaşım kollarında oluşan kapasite kayıplarını en aza indirmeyi hedeflemektedir.

Tablo 4. Worldmar Kavşağı'na Ait İyileşme Oranları

Karşılaştırılan Parametreler	İyileşme Oranları
Gecikmeler	%1,27 ↓
Ortalama Hız	%1,17 ↑
Durma Sayısı	%11,11 ↓
Durma Süresi	%1,18 ↓

Tablo 4.'te görüldüğü üzere Worldmar Kavşağı İnsan Hakları Bulvarı'nın hem geliş hem de gidiş yönünde ve Mahatma Ghandi Bulvarı'nın gidiş yönünde yol kenarı parklanmalarının kaldırılması sonucunda gecikmelerde (bekleme) %1,27, toplam durma sayısında %11,11, durma süresinde %1,18 azalış; ortalama hızda %1,17 artış gözlemlenmiştir. Nitekim Worldmar Kavşağı'nda sadece İnsan Hakları Bulvarı'nın hem geliş hem de gidiş yönünde ve Mahatma Ghandi Bulvarı'nın gidiş yönünde yol kenarı park lambalarının kaldırılması trafiği olumlu yönde etkilediği söylenebilmektedir.

Sinyalizasyon Planının Değiştirilmesi

Worldmar Kavşağı, mevcut durumda 4 kollu bir kavşak yapısına sahiptir ve 4 fazlı bir sinyalizasyon planı ile yönetilmektedir. Bu sistemde, her bir kol için sırasıyla ayrı fazlar tanımlanmış olup, adaptif sinyalizasyon sistemi trafik yoğunluğunu algılayarak faz sürelerini otomatik olarak ayarlamaktadır. Ancak, mevcut sistemde ana yollardaki trafik akışının etkin yönetilememesi ve bekleme sürelerinin yüksek olması nedeniyle yeni bir sinyalizasyon planı denenmiştir.

Worldmar Kavşağı'nda yeni sinyalizasyon planı, özellikle ana yolların trafik akışını önceliklendirecek şekilde yeniden düzenlenmiştir. Bu yeni stratejinin adımları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Worldmar Kavşağı'nda yeni sinyalizasyon planı

Faz	**Yol / Yön**	**Açıklama**
Faz 1	Turgut Özal Bulvarı (Q5) Geliş	Düz, sağ ve sol dönüşler için yeşil yanar. Sol şeritte araç algılanmazsa Emniyet Kavşağı yeşile döner.
Faz 2	Turgut Özal Bulvarı (Q5 & Q7)	Ana yollar aynı anda açılır, kesintisiz trafik akışı sağlanır. Sağa dönüşler serbesttir.
Faz 3	Emniyet Kavşağı (Q7) Geliş	Sensör araç algılarsa Turgut Özal kırmızı olur, bu yönde tüm hareketlere yeşil verilir.
Faz 4	Mahatma Gandhi Bulvarı (Q6) Geliş	Ana yollar sonrası tali yol açılır, süre trafik yoğunluğuna göre belirlenir.
Faz 5	İnsan Hakları Bulvarı (Q8) Geliş	Diğer tali yol açılır, faz süresi yoğunluğa göre ayarlanır.

Bu sonuçları incelendiğinde, ana yollar üzerindeki yoğunluğun azaldığı, kuyruk uzunluklarının kısaldığı ve genel trafik akışının daha düzenli hale geldiği gözlemlenmiştir.

Tablo 6. Worldmar Kavşağı'na Ait İyileşme Oranları

Karşılaştırılan Parametreler	İyileşme Oranları
Gecikmeler (bekleme)	%12,39 ↓
Ortalama Hız	%11,29 ↑
Durma Sayısı	%11,11 ↓
Durma Süresi	%13,23 ↓

Tablo 6.'da görüldüğü üzere Worldmar Kavşağı yeni sinyalizasyon planı uygulanmasının trafiği olumlu yönde etkilediği görülmektedir.

Anayol şerit sayısının arttırılması

Trafik akışını iyileştirmek ve kavşak performansını artırmak amacıyla Turgut Özal Bulvarı üzerinde ana yol şerit sayıları AİMSUN simülasyon ortamında birer adet artırılarak, kavşak performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu değişiklik, özellikle bu arterlerde yoğun saatlerde yaşanan trafik sıkışıklığını azaltmak, kapasiteyi artırmak ve kavşak giriş-çıkışlarını daha düzenli hale getirmek için planlanmıştır. Şerit genişletme uygulamalarının potansiyel avantajları arasında taşıma kapasitesinin yükseltilmesi, araç yoğunluğunun azaltılması ve seyahat sürelerinin kısaltılması bulunmaktadır.

Tablo 7. Worldmar Kavşağı'na Ait İyileşme Oranları

Karşılaştırılan Parametreler	İyileşme Oranları
Gecikmeler	%0,38 ↓
Ortalama Hız	%0,48 ↑
Durma Sayısı	%0 →
Durma Süresi	%0,86 ↓

Tablo 7.'de görüldüğü üzere Worldmar Kavşağı Turgut Özal Bulvarı üzerinde bulunan ana yolların şerit sayıları arttırılması sonucunda gecikmelerde (bekleme) %0,38, durma süresinde %0,86 azalış; ortalama hızda %0,48 artış gözlemlenmiştir. Sonuç olarak Worldmar Kavşağı'nda sinyalizasyon planı aynı tutulup, anayollarının şerit sayılarının birer adet arttırılması az miktarda olsa da trafiği olumlu yönde etkilediği söylenebilmektedir.

Tüm yöntemlerin aynı anda uygulanması

Worldmar Kavşağının sırayla parklanmanın kaldırılması, yeni adaptif sinyalizasyon planının kullanılması ve şerit sayısının arttırılması yöntemleri ayrı ayrı uygulanmış ve performans değerlendirilmeleri yapılmıştır. Son olarak bu üç yöntem aynı anda uygulanarak kavşak performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tablo 8. Worldmar Kavşağı'na Ait İyileşme Oranları

Karşılaştırılan Parametreler	İyileşme Oranları
Gecikmeler	%16,68 ↓
Ortalama Hız	%14,08 ↑
Durma Sayısı	%22,22 ↓
Durma Süresi	%17,46 ↓

Tablo 8.'de görüldüğü üzere Worldmar Kavşağında aynı anda hem İnsan Hakları Bulvarı'nın hem geliş hem de gidiş yönünde ve Mahatma Ghandi Bulvarı'nın gidiş yönünde yol kenarı parklanmaları kaldırılır hem yeni adaptif sinyalizasyon planı uygulanır ve hem de Turgut Özal Bulvarı üzerinde bulunan ana yolların şerit sayıları arttırılırsa; gecikmelerde (bekleme) %16,68, toplam durma sayısında %22,22, durma süresinde %17,46 azalış; ortalama hızda %14,08 artış gözlemlenmiştir. Sonuç olarak Worldmar Kavşağı'nda üç yöntem aynı anda uygulandığında diğer yöntemlere kıyasla trafiği daha olumlu etkilediği söylenebilmektedir.

Tartışma ve Sonuç

AIMSUN Trafik Modelleme ve Simülasyon Programı kullanılarak halihazırda adaptif sinyalizasyon sistemiyle çalışan Worldmar Kavşağının dijital ikizi oluşturulmuştur. Söz konusu kavşakta, kavşak geometrisi ve sinyalizasyon yapısında yapılan değişikliklerin trafik performansı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Kavşağın geometrisi, kullanılan trafik yönetim sisteminin çalışma prensibi ve tasarım esasları genel hatlarıyla incelenmiştir. Tam adaptif sinyalizasyon sisteminde çalışan kavşaktan alınan verilerle geçen araç sayıları ve sınıfsal oranları belirlenmiştir. Daha sonra bu veriler kullanılarak kavşaktaki trafiğin yoğun ve yoğun olmayan zamanları belirlenmiş ve gerekli tüm hususlar dikkate alınarak kavşağa ait trafik yönetim sisteminin ve geometrik değişikliklerin kavşak performansı üzerindeki etkisini incelemek amacıyla teknik çalışma aşamasına geçilmiştir.

Worldmar Kavşağı'nda, trafiğin en yoğun olduğu 14:59–15:59 saat aralığında üç farklı iyileştirme yöntemi önce ayrı ayrı, ardından tümü aynı anda uygulanarak analiz yapılmıştır. Yapılan çalışmada; İnsan Hakları Bulvarı'nın her iki yönünde ve Mahatma Ghandi Bulvarı'nın gidiş yönünde yol kenarı park alanlarının kaldırılması, yeni adaptif sinyalizasyon planının uygulanması, ayrıca Turgut Özal Bulvarı'nda bulunan ana yolların şerit sayılarının artırılması gibi düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Bu üç iyileştirmenin aynı anda uygulanması sonucunda; gecikme süresinde %16,68, toplam durma sayısında %22,22, durma süresinde %17,46 oranında azalma; ortalama hızda ise %14,08 oranında artış gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tüm yöntemlerin eşzamanlı olarak uygulanmasının hem mevcut sisteme hem de yöntemlerin tek tek uygulanmasına kıyasla daha verimli olduğunu ortaya koymuştur. Bu kapsamda, trafik performans göstergelerinde anlamlı iyileşmeler sağlanmıştır.

Worldmar Kavşağı'nda yapılan analizler, mevcut adaptif sinyalizasyon sistemine eklenen yeni sinyal planları, geometrik düzenlemeler ve yol kenarı parklarının kaldırılmasının birlikte uygulanmasının; gecikme, durma sayısı ve süresini anlamlı düzeyde azaltırken ortalama hızı artırdığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, mevcut adaptif sistemlerin sinyal optimizasyonu ve fiziksel düzenlemelerle desteklendiğinde trafik verimliliğini önemli ölçüde yükseltebileceğini göstermektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen dijital ikiz modeli sayesinde, fiziksel müdahale gerektirmeden çeşitli senaryolar sanal ortamda test edilmiştir. Model, önerilen değişikliklerin etkilerini önceden değerlendirerek güvenli optimizasyon imkânı sunmuş ve fiziksel uygulamaya geçilmeden performans risklerinin öngörülmesini sağlamıştır.

Kaynakça

[1] Huang, Y. S., Huang, W. P. ve Wu, W. P. (2016). "Analysis of Urban Traffic Jam Control Strategies Using Simulation Technology". 2016 IEEE 13th International Conference on Networking, Sensing, and Control (ICNSC), Mexico City, Mexico, 1-6. DOI: 10.1109/ICNSC.2016.7479000.

[2] Ejercito, P. M., Nebrija, K. G. E., Feria, R. P. ve Lara-Figueroa, L. L. (2017). "Traffic Simulation Software Review". 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), Larnaca, Cyprus, 1-4. DOI: 10.1109/IISA.2017.8316415.

[3] Anya, A. R., Rouphail, N. M., Frey, H. C. ve Schroeder, B. (2014). "Application of AIMSUN Microsimulation Model to Estimate Emissions on Signalized Arterial Corridors". Transportation Research Record, 2428(1), 75-86. DOI: 10.3141/2428-09.

[4] Wang, Z., Han, K. ve Tiwari, P. (2022). "Digital Twin-Assisted Cooperative Driving at Non-Signalized Intersections". IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 7(2), 198-209. DOI: 10.1109/TIV.2021.3100465.

[5] Wu, K., Li, P., Cheng, Y., Parker, S. T., Ran, B., Noyce, D. A. ve Ye, X. (2024). "A Digital Twin Framework for Physical-Virtual Integration in V2X-Enabled Connected Vehicle Corridors". arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2410.00356.

[6] Miehe, R., Waltersmann, L., Sauer, A. ve Bauernhansl, T. (2021). "Sustainable production and the role of digital twins – Basic reflections and perspectives". AIChE Journal, 67(3), e10078. DOI: 10.1002/amp2.10078.

[7] Aly, S. H., Martono, S. ve Harusi, N. M. R. (2022). "Analysis of Motorized Vehicles Performance at Signalized Intersections Based on Micro Simulation". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1117(1), 012024. DOI: 10.1088/1755-1315/1117/1/012024.

DİJİTAL TEKNOLOJİYLE DÖNÜŞEN HEYKEL SANATI
THE TRANSFORMATION of SCULPTURE THROUGH DIGITAL TECHNOLOGY

Beyza AL[1]

Özet

Moderniteyle birlikte heykel sanatı, kopyaya dayalı figüratif değerlerden uzaklaşarak içsel, dışsal ve teknolojik değerlere yönelmiştir. Dijitalleşme, bu dönüşümün devamı niteliğinde olup, yaratıcı düşünceyi biçimlendirmenin temel bir aracı hâline getirmiştir. Bu bağlamda dijital üretim, heykelin nesne sınırlarını aşarak kavramsal süreçlerin doğrudan form üretimine dâhil olduğu bir alan sunmaktadır. Dijitalleşmeyle birlikte heykel sanatın, tasarım, sunum ve izleyiciyle kurduğu algısal ilişki biçimleri üzerinden ilerlemektedir. Güncel sanatta dijital teknolojiler, heykeli yalnızca fiziksel bir nesne olmaktan çıkararak ışık, hareket, veri ve sanal uzam gibi bileşenlerle yeniden şekillendirmektedir. Bu bildiri, dijital sanat bağlamında heykelin nesne, mekân ve izleyici ilişkisini yeniden kurma biçimlerini sanat çalışmaları üzerinden inceleyerek sonuç bölümünde bir çıkarımla değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Güncel sanat, heykel, dijitalleşme, mekân, nesne.*

[1] Erciyes Üniversitesi, beyza.al891@gmail.com

Abstract

With modernity, sculpture moved away from copy-based figurative values and turned toward internal, external, and technological dimensions. Digitalization represents a continuation of this transformation and has become a fundamental tool in shaping creative thought. In this context, digital production offers a field in which sculpture transcends the boundaries of the object, allowing conceptual processes to be directly involved in the generation of form. Through digitalization, sculpture advances through its modes of design, presentation, and perceptual relationship with the viewer. In contemporary art, digital technologies reshape sculpture by transforming it from a merely physical object into a medium structured through elements such as light, movement, data, and virtual space. This article examines, through selected artistic practices, the ways in which sculpture reconfigures the relationships among object, space, and viewer within the context of digital art, and concludes with an evaluative interpretation of these transformations.

Keywords: *Contemporary art, sculpture, digitalization, space, object.*

Heykel sanatı, insanlık tarihinin en köklü ifade biçimlerinden biri olarak, nesneyi üç boyutlu bir düzlemde şekillendirmiştir. Yüzyıllar boyunca taşın sertliği, ahşabın dokusu veya metalin sağlamlığı, heykelin varoluşsal sınırlarını belirleyen temel unsurlar olmuştur. Sanatçı, bu somut malzemelere müdahale ederek form, kütle ve denge üzerinden anlamlar yaratmış; izleyici ise bu nesneyi zamana karşı yaratılan değerlerin taşıyıcısı olmuştur. Bu klasik yaklaşımda heykelin gücü, değişmeyen formu ve mekân, zaman içerisinde varolma gücünden gelir.

Geleneksel heykelin statik ve kütle odaklı yapısının, dijital olanaklarla birlikte nasıl bir dönüşüm geçirerek nesne, mekân ve izleyici ilişkisini yeniden kurguladığıdır. Fiziksel sınırların belirsizleştiği bu yeni süreçte, heykelin bir "nesne" olmaktan çıkıp "deneyim odaklı bir bağlama" dönüşmesi, güncel sanatın algı biçimlerini nasıl yeniden şekillendirmektedir? Özellikle ışık ve sanal uzamın bir malzeme olarak kullanımı, heykelin üç boyutlu algısını geleneksel kalıpların dışına çıkararak nasıl bir genişleme yaratmaktadır? Bildiri, heykelde dijital ifade biçimlerinin heykel sanatını güncel sanat içerisindeki etkilerini yapılan sanat çalışmaları üzerinden inceler.

Moderniteyle birlikte değişen yalnızca yaratma biçimleri değil, insanın dünyayı görme ve anlamlandırma biçimi de olmuştur. Günlük yaşamın hızlanması ve imgelerin artan etkisi, sanat nesnesinin taşıdığı anlamı yalnızca somut varlığıyla değil, bağlamı ve temsil ettiği değerler üzerinden okunur hâle getirmiştir. Bu değişim, heykelin de mekânda sabit ve değişmez bir form olarak ele alınmasını yeterli kılmamış; formun nasıl algılandığı, nasıl deneyimlendiği ve izleyiciyle nasıl bir ilişki kurduğu yeniden düşünülmeye başlanmıştır. Böylece heykel, modernitenin açtığı bu yeni düşünsel zeminde, malzemeden çok sürece ve algıya odaklanan bir ifade alanına yönelmiştir. Bu yönelim, yirmi birinci yüzyılda ortaya çıkan teknolojik dönüşümle birlikte daha da belirgin hâle gelmiştir.

Ancak yirmi birinci yüzyılın getirdiği teknolojik dönüşüm, sanatın malzemeyle olan bağını yeniden sorgulanır hale getirmiştir. Dijitalleşme süreciyle birlikte heykel, yalnızca dokunulabilen ve yer çekimine tabi olan bir kütle olmaktan çıkarak, yeni bir üretim ve algı alanına taşınmıştır. Geleneksel sanat anlayışındaki "özne-nesne" odaklı bakış açısı, yerini veri tabanlı, dinamik ve akışkan bir yapıya bırakmıştır. Bu süreçte heykelin temel bileşenleri olan boşluk ve hacim kavramları, dijital araçların sağladığı imkânlarla sanal bir boyuta evirilmiş; fiziksel malzeme ile beraber ışık, hareket ve etkileşim gibi soyutlaşan teknolojik değerler almıştır.

Bu teknolojik bağlamlarda heykel, artık sadece bakılan bir eser olmasının yanında, içine girilen ve duyusal olarak deneyimlenen bir sürece dönüşmektedir. Dijital imkânlar, heykelin mekânsal sınırlarını genişleterek izleyiciyi eserin pasif bir tanığı olmaktan çıkarıp, onun anlamını inşa eden aktif bir katılımcı konumuna yerleştirmiştir. Özellikle ışığın bir malzeme olarak kullanımı ve izleyicinin konumuna göre şekillenen etkileşimli yapılar, heykel sanatının güncel sanattaki yerini yeniden tanımlamaktadır. Bu çalışma, söz konusu dönüşümün temel dinamiklerini ve dijitalleşen heykelin nesne-izleyici ilişkisinde yarattığı yeni estetik dili irdelemeyi hedeflemektedir.

Bu çalışmanın amacı, heykel sanatının geleneksel üretim ve algı pratiklerinden koparak dijitalleşme süreciyle birlikte kazandığı yeni kimliği çözümlemektir. Geleneksel heykelin taş, ahşap ve metal gibi somut malzemelere dayalı durağan yapısının, güncel sanat bağlamında dijital sanat aracılığıyla ışık, veri ve etkileşim odaklı dinamik ifade biçimlerine nasıl evirildiğini sanat çalışmaları üzerinden ortaya koymayı amaçlamaktadır.

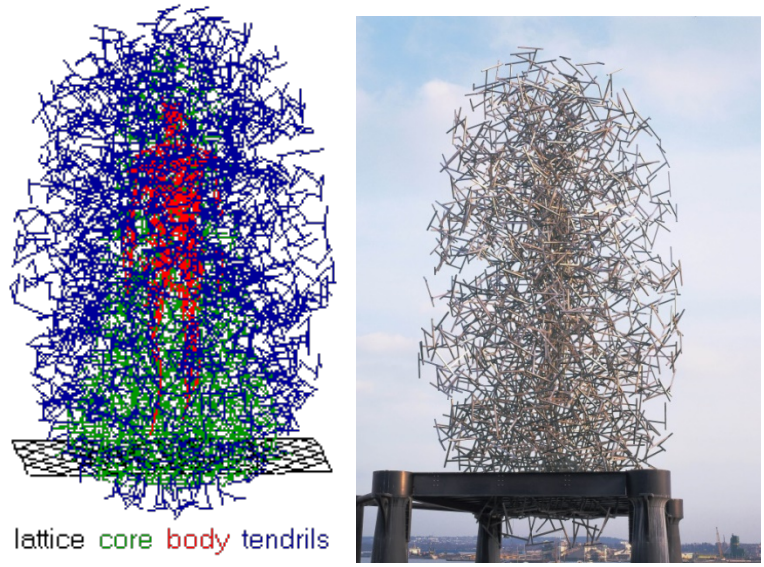
Çalışma, güncel sanat pratikleriyle sınırlandırılmış olup dijital teknolojilerin heykel üretimine nasıl entegre edildiğini, mekân, malzeme, ve izleyici ilişkisini nasıl etkilediği incelemektedir. Araştırma kapsamında gerçekleştirilen literatür taraması hem yazılı hem de görsel kaynaklar üzerinden yürütülmüştür. Güncel sanat alanında dijital ve mekânsal üretimleriyle öne çıkan sanatçılar üzerinden temellendirilmiştir: Antony Gormley, Refik Anadol, Olafur Eliasson, Shihua Ma sanatçılar kapsamında ele alınmıştır. Bu sanatçılar üzerinden dijital teknolojinin heykel sanatında biçimsel, kavramsal ve deneyimsel dönüşümleri nasıl mümkün kıldığı analiz edilmiştir. Bu doğrultuda bildiri, dijital sanat ile heykel sanatı arasındaki ilişkinin yalnızca teknik bir yenilik meselesi olmadığını; aynı zamanda mekân, algı ve gerçeklik kavramlarını yeniden tanımlayan kuramsal bir dönüşüm alanı olduğunu ortaya konulması incelenmiştir.

1. Dijital Sanat ve Dijital Sanatın Heykele Yansımaları

Sanat, insanlık tarihinin ilk dönemlerinden itibaren var olmuş ve süreç içinde çeşitli anlamlar yüklenerek sürekli bir dönüşüm geçirmiştir. İlk mağara resimlerinden günümüze kadar uzanan süreçte sanat, sadece estetik bir ifade biçimi değil, aynı zamanda dönemin yaşamsal, kültürel ve düşünsel yapısını yansıtan bir araç olmuştur. 17. ve 18. yüzyıllarda Barok ve Neoklasik üsluplar heykelin biçimsel özelliklerini şekillendirirken, sanayileşme ile birlikte malzeme ve üretim tekniklerinde değişimler yaşanmış ve heykel daha deneysel bir estetik dile yönelmiştir. 19. yüzyılda modern sanat yaklaşımları heykelin geleneksel fizikselliğini sorgulamış; boşluk, hareket ve kavramsallık gibi unsurları üretim sürecine dahil ederek heykeli izleyici ve çevreyle etkileşim kuran bir deneyim alanına dönüştürmüştür. 2000'li yıllarla birlikte sensör teknolojileri, projeksiyon sistemleri ve artırılmış ya da sanal gerçeklik uygulamaları izleyiciyi eserin aktif bir parçası hâline getirmiştir. Günümüzde yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamaları dijital sanatın ifade alanını genişletmiş, sanatçı insan ve makine iş birliğiyle çalışan bir sistem kurucusu olarak konumlanmıştır. Dijitalleşme sanat eserinin maddesellik kavramını da dönüştürmüş; geleneksel olarak malzemeye bağlı olan sanat eseri dijital ortamda kod ve veri üzerinden tanımlanmaya başlamıştır. Bu dönüşüm heykel sanatını da etkilemiş; kütle ve malzemeye dayalı yapı, dijital çağda ışık, veri ve projeksiyon aracılığıyla yeniden kurgulanmıştır.

Günümüzde ise dijitalleşmenin etkisiyle heykel sanatı, maddi varlığın ötesine geçerek sanal ortamlar, dijital modelleme, ışık, veri ve etkileşim gibi unsurlarla yeniden şekillenmektedir. Artık heykel, yalnızca üç boyutlu bir nesne değil; dijital teknolojiler aracılığıyla çoğaltılabilen, dönüştürülebilen ve bağlama göre yeniden anlam kazanan bir ifade alanı haline gelmiştir. Bu bağlamda heykel, fiziksel sınırlarını aşarak dijital mekânda var olan, izleyiciyle etkileşim kuran ve sürekli değişen bir yapı sunar. Nitekim Rosalind Krauss'un da belirttiği gibi, "Heykel artık tek bir tanıma indirgenemez; anlamı, bulunduğu bağlam içinde sürekli yeniden üretilir" (Krauss, 1979, s. 36).

Bu dönüşümün önemli örneklerinden biri Antony Gormley'nin dijital veriyi kullanarak "Kuantum Bulutu" adlı üretilen çalışmasıdır. Sanatçı, insan bedenini üç boyutlu tarama teknolojileriyle dijital ortama aktararak bedeni hem fiziksel hem de veriye dayalı bir form olarak ele alır. Gormley'nin bu yaklaşımı, heykelin yalnızca maddi bir kütle değil, insan varoluşunu temsil eden bir veri alanı olarak da düşünülebileceğini ortaya koyar.



Şekil 1. Antony Gormley, "Kuantum Bulutu", 1999–2000.

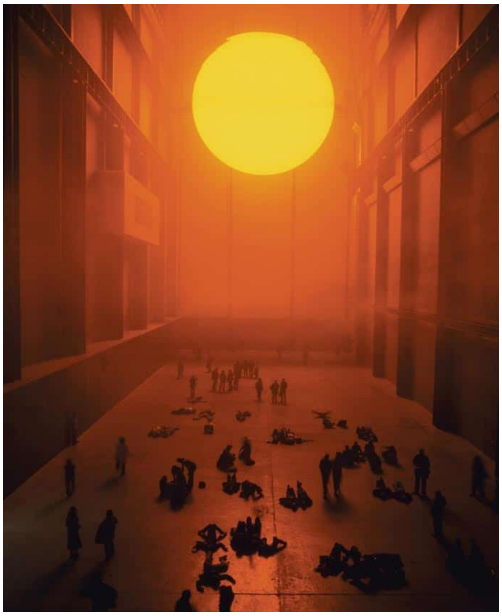
Antony Gormley'nin *Quantum Cloud (Kuantum Bulutu)* adlı çalışması, heykelin dijitalleşme süreciyle birlikte kazandığı yeni kimliği gösteren önemli bir örnek olarak değerlendirilebilir. Eser, heykeli tekil ve kapalı bir kütle olarak kurmak yerine bedeni çevresine yayılan bir örgütlenme içinde ele alır. Bu yaklaşım, geleneksel heykeldeki

ağırlık, doluluk ve hacim gibi özellikleri geri plana iterken; boşluk, geçirgenlik ve değişken algı gibi unsurları öne çıkarır. Böylece heykel yalnızca bir nesne değil, mekân içinde kurulan ve izleyiciyle birlikte anlam kazanan bir deneyim alanı olarak okunur.

Eserde dijital veri, yalnızca üretimde kullanılan bir araç değil, biçimin kurulma mantığını belirleyen bir unsur olarak işlev görür. İnsan bedeni anatomik ayrıntılarıyla temsil edilen bir figür olmaktan çok, dijital ortamda modellenebilen bir temel form olarak ele alınır. Bu durum, heykelin başlangıç noktasını maddeden çok bilgiye yaklaştırır ve formun yalnızca malzemenin özellikleriyle değil, verinin oluşturduğu bir yapı üzerinden şekillenmesini sağlar.

Kuantum Bulutu'nda beden merkezde hissedilse de yoğun bir strüktür içinde kesin biçimde verilmez; izleyici net bir figürden çok bedeni çağrıştıran bir izlenimle karşılaşır. Bu durum heykelin temsil anlayışını değiştirir ve bedeni sabit bir form yerine mekânla ilişki içinde var olan bir yapı olarak gösterir. İzleyici eserin çevresinde hareket ettikçe formun algısı değişir; bazı açılarda figür belirginleşirken bazı açılarda strüktür öne çıkar. Böylece heykelin anlamı tek bir bakış noktasına bağlı kalmaz ve zaman içinde deneyimlenen bir yapıya dönüşür. Eserdeki bulut imgesi, heykelin kütle anlayışının yeniden yorumlandığını gösterir. Yoğun ve kapalı bir hacim yerine seyrekleşen ve yoğunlaşan bir yapı söz konusudur. Bu yaklaşım, bedenin yalnızca maddi bir varlık değil, aynı zamanda enerji, hareket ve ilişki gibi katmanlar taşıyan bir yapı olduğunu düşündürür. Bu yönüyle "Kuantum Bulutu", heykeli maddeden oluşan bir formdan çok, maddede görünür hâle gelen bir veri ve ilişki örgüsü olarak ele alır ve dijitalleşmenin heykel sanatında yarattığı dönüşümü görünür kılar.

Dijital heykel pratiklerinde ışık ve hareket de temel bileşenler hâline gelmiştir. Olafur Eliasson'un mekâna yerleştirdiği ışık temelli çalışmaları, heykelin maddesel varlığından çok algısal etkisine odaklanır. Bu tür üretimlerde heykel, izleyicinin mekân içindeki hareketiyle tamamlanan bir deneyime dönüşür. Böylece izleyici, pasif bir gözlemci olmaktan çıkarak eserin aktif bir parçası hâline gelir.



Şekil 2. Olafur Eliasson, "Hava Durumu Projesi", 2003.

Olafur Eliasson'un "Hava Durumu Projesi" (2003) adlı eseri, güncel sanatta algı, mekân ve izleyici ilişkisini dönüştüren önemli çalışmalardan biridir. Tate Modern'in Turbine Hall mekânında gerçekleştirilen bu yerleştirme, yapay güneş, sis ve tek renkli ışık kullanımıyla izleyicinin mekânı algılama biçimini değiştirir. Eser doğayı temsil etmekten çok, doğa deneyiminin nasıl kurulduğunu sorgular ve ışığı mekânı biçimlendiren bir araç olarak kullanır. Yapay güneşin oluşturduğu tanıdık doğa imgesi ile eserin tamamen yapay koşullarda kurulması arasındaki gerilim, gerçeklik ve kurgu arasındaki sınırların belirsizleştiğini gösterir.

Çalışmanın önemli yönlerinden biri izleyiciyi pasif bir gözlemci olmaktan çıkararak deneyimin parçası hâline getirmesidir. Ziyaretçilerin mekânla fiziksel ilişki kurması, eserin ancak izleyiciyle tamamlanan kolektif bir deneyim alanı olduğunu ortaya koyar. Eser, çevre, doğa ve insan ilişkisi gibi konulara doğrudan mesaj vermeden dikkat çeker ve izleyiciyi düşünmeye ve fark etmeye yönlendirir.

Bu bağlamda günümüz sanatı, fiziksel ve dijital olanın iç içe geçtiği hibrit bir yapı sunmaktadır. Sanat, artık yalnızca görülen bir nesne değil; deneyimlenen, etkileşime girilen ve sürekli değişen bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Lev Manovich'in de belirttiği üzere, "dijital sanat, nesneden çok süreç ve ilişki üzerinden tanımlanan bir yapıya sahiptir" (Manovich, 2001, s. 48). Benzer şekilde Rosalind Krauss, çağdaş heykelin tek bir tanım altında toplanamayacağını, anlamının bulunduğu bağlam içinde sürekli yeniden üretildiğini vurgular (Krauss, 1979: s. 36).

Dijitalin getirildiği olanaklarla yeni üretimler yaratan başka sanatçı ise Refik Anadol, veri setleri, yapay zekâ ve ışığı kullanarak ürettiği mekâna özgü dijital heykellerinde, izleyiciyi fiziksel bir nesneyle değil, sürekli dönüşen görsel ve algısal bir deneyimle karşı karşıya bırakır. Anadol'un çalışmaları, heykelin artık sabit bir formdan çok, izleyiciyle etkileşim içinde olan bir süreç olduğunu gösterir.

Şekil 3. Refik Anadol, "Denetimsiz (Makine Halüsinasyonları)", 2022.

Görselde yer alan eser, dijitalleşmenin güncel sanattaki etkisini hem biçimsel hem de kavramsal düzeyde görünür kılan bir üretim olarak değerlendirilebilir. Büyük ölçekli, çerçeve içine alınmış kompozisyon, ilk bakışta fiziksel bir yüzey izlenimi verse de, akışkan renk geçişleri ve katmanlı dokusuyla dijital ortamda üretilmiş bir form dilini yansıtmaktadır. Bu durum, güncel sanatın maddi yüzey ile dijital veri arasındaki sınırları belirsizleştirdiğini göstermektedir. Eserde yer alan renklerin dalgalı ve yoğun hareketi, sabit bir formdan çok sürekli dönüşen bir yapıya işaret eder. Bu akışkanlık, dijital teknolojilerin sanatsal üretimde sağladığı değişkenlik ve süreklilik kavramlarıyla doğrudan ilişkilidir. Geleneksel sanat nesnesinde form genellikle tamamlanmış ve durağan bir yapı sunarken, bu tür dijital temelli çalışmalarda form, anlık bir kesit hissi uyandırır; izleyiciye, eserin her an başka bir görünüme evrilebileceği düşüncesini aktarır.

Eserin mekânla kurduğu ilişki de güncel sanat bağlamında önemlidir. Büyük ölçekte sunulan dijital yüzey, izleyiciyi karşısına alan bir nesne olmaktan çok, onu içine çeken bir deneyim alanı yaratır. İzleyici, yalnızca eseri izleyen bir konumda değil; renklerin, hareketin ve ölçeğin etkisiyle eserin algısal bir parçası hâline gelir. Bu durum, güncel sanatta izleyicinin pasif bir gözlemciden aktif bir deneyim öznesine dönüşmesinin bir göstergesidir. Ayrıca eserde dijital teknolojinin sunduğu veri temelli üretim anlayışı da sezilmektedir. Renklerin ve formların organik ama aynı zamanda yapay bir düzen içinde ilerlemesi, doğa ile teknoloji arasındaki ilişkiyi yeniden düşünmeye açar. Güncel sanat, bu noktada doğayı birebir temsil etmek yerine, onu dijital veriler ve algoritmik süreçler aracılığıyla yeniden yorumlayan bir yaklaşım benimser. Böylece eser, fiziksel gerçekliğin birebir yansıması olmaktan çıkarak, dijital çağın algı biçimlerini temsil eden bir yapı kazanır.

Dijitalleşmenin güncel sanatı nasıl dönüştürdüğünü açık biçimde ortaya koymaktadır. Maddi sınırların aşılması, formun süreklilik kazanması ve izleyicinin deneyimin merkezine yerleşmesi, güncel sanatın dijital çağdaki temel

karakteristikleri arasında yer almaktadır. Bu bağlamda eser, güncel sanatın nesne odaklı anlayıştan süreç, deneyim ve etkileşim temelli bir üretim alanına evrildiğini gösteren güçlü bir örnek olarak değerlendirilebilir.

Shihua Ma'nın "Mandala" adlı çalışması, merkezî kompozisyona dayalı, simetrik ve katmanlı bir dijital yerleştirme niteliği taşımaktadır. Eser, merkezden çevreye doğru genişleyen dairesel bir form üzerine kuruludur. Bu dairesel yapı, tekrar eden geometrik desenlerle örgütlenmiş; düzenli ve ritmik bir sistem oluşturacak biçimde kurgulanmıştır. Kompozisyonun simetrik yapısı, görsel bütünlüğü güçlendirirken aynı zamanda izleyicinin bakışını merkeze yönlendiren güçlü bir odak noktası yaratmaktadır.

Şekil 4. Shihua Ma, "Mandala", 2023.

Mandala'da ışık, temel biçim kurucu unsur olarak işlev görmektedir. Fiziksel bir kütle yerine projeksiyon aracılığıyla oluşturulan görsel katmanlar, mekânın yüzeyini dönüştürmekte ve düzlemsel alanı derinlik algısı üreten bir yapıya dönüştürmektedir. Bu derinlik, gerçek bir hacimden değil; perspektif etkisi, ışık yoğunluğu ve desenlerin üst üste bindirilmesi yoluyla oluşmaktadır. Böylece iki boyutlu yüzey, algısal olarak üç boyutlu bir form izlenimi vermektedir. Eserdeki geometrik tekrarlar, merkezden dışa doğru genişleyen bir hareket hissi yaratmakta; kompozisyonun statik bir yapı olmaktan çıkarak dinamik bir görsel alan hâline gelmesini sağlamaktadır. Desenlerin katmanlaşması ve ışık geçişleri, mekânsal sınırları belirsizleştirmekte; izleyiciye içe doğru açılan bir hacim duygusu sunmaktadır. Bu durum, çalışmayı yalnızca dekoratif bir yüzey düzenlemesi olmaktan çıkararak mekânla bütünleşen bir deneyim alanına dönüştürmektedir.

Mandala, maddi bir heykel kütlesi üretmek yerine, ışık ve dijital desen aracılığıyla algısal bir hacim kurmaktadır. Üç boyutluluk, fiziksel ağırlık ya da somut malzeme üzerinden değil; görsel katmanlaşma ve ışığın mekânı dönüştürücü etkisi üzerinden inşa edilmektedir. Bu yönüyle eser, dijital teknolojinin heykel anlayışını nesne merkezli yapıdan deneyim ve algı merkezli bir mekânsal kurguya doğru genişlettiğini göstermektedir.

Sonuç

Dijitalleşme, sanatsal üretimi yalnızca teknik araçlar açısından değil, kavramsal düzlemde de derinlemesine dönüştürmüş; güncel sanat nesneyi sınırlarının ötesine taşıyarak zaman, mekân ve izleyiciyle kurulan ilişki üzerinden yeniden tanımlamıştır. Dijital teknolojilerle birlikte sanat nesnesi, sabit ve tekil bir yapı olmaktan çıkarak, sürekli değişen, çoğaltılabilen ve bağlama göre farklı anlamlar üretebilen bir sürece dönüşmüştür. Bu durum, sanatın üretim, sunum ve algılanma biçimlerinde köklü bir dönüşümü beraberinde getirmiştir.

Güncel sanat bağlamında üretimler artık yalnızca fiziksel varlık üzerinden değil; veri, ışık, ses, hareket ve etkileşim gibi unsurlar aracılığıyla izleyiciyle çok katmanlı bir ilişki kurmaktadır. İzleyici, bu süreçte pasif bir konumdan çıkarak eserin anlamını tamamlayan aktif bir özne hâline gelmiştir. Böylece sanat, yalnızca izlenen bir nesne olmaktan ziyade, deneyimlenen ve katılımla şekillenen bir alan olarak varlık göstermektedir.

Bu çerçevede güncel sanat, disiplinler arası yapısı ve dijital teknolojilerle kurduğu ilişki sayesinde, sabit tanımlara direnç gösteren dinamik bir üretim alanı sunmaktadır. Sürekli dönüşen bu yapı, sanatın sınırlarını belirsizleştirirken aynı zamanda günümüz toplumunun hız, değişim ve etkileşim odaklı yapısını da görünür kılmaktadır. Güncel sanat, bu yönüyle çağdaş kültürel üretimin en esnek, en açık ve en dönüşken ifade alanlarından biri olarak konumlanmaktadır.

Kaynakça

Arayıcı, O. (2015), *Mekân ve Tasarım Üzerine Tanımlar*, İstanbul: Kitabevi.

Benjamin, W, (2019), *Teknik Olarak Yeniden Üretilebilirlik Çağında Sanat Yapıtı*, (Çev. A. Cemal). İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2020.

Bishop, C. (2005), "*Installation Art and Experience"*, *Artforum*, 44(3): 122–129.

Krauss, R. (1979), "*Genişletilmiş Alanda Heykel*", October, 8: 30–44.

Manovich, L.(2003), *Yeni Medyanın Dili*, (Çev. S. Özbudun), İstanbul: Kitap Yayınevi, 2006.

O'Doherty, B. (2010), *Beyaz Küpün İçinde: Galeri Mekânının İdeolojisi*, (Çev. A. Antmen), İstanbul: Sel Yayıncılık, 2012.

Suna, A. (2006), *Işık Kırılmalarıyla Biçim ve Mekân Yaratma*, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Resim Ana Sanat Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmış, İstanbul.

Yılmaz, A. (2012), *Güncel Sanatta Mekân ve İzleyici İlişkisi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmış, İstanbul.