

VOLUME: 5 ISSUE: 1

FIVE ZERO

E-ISSN: 2792-0577

FIVE ZERO

e-ISSN: 2792-0577

Cilt/Volume: 5, Sayı/Issue: 1 (Haziran / June 2025)
Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal

Sahibi / Owner

Necmettin Erbakan Üniversitesi Rektörlüğü / Necmettin Erbakan University Rectorate

Editör / Editor-in-Chief

Doç. Dr. Halit Buluthan ÇETİNTAŞ

Yardımcı Editör / Associate Editor

Doç. Dr. Emine Nihan CİCİ KARABOĞA

Yayın Türü / Publication Type

Sürelî Yayın / Periodical

Yayın Periyodu / Publication Period

Yılda 2 kez yayınlanır (Haziran ve Aralık) / Published twice-annual (June and December)

Baskı Tarihi / Print Date

Haziran / June 2025

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Köyceğiz Yerleşkesi,
Dere Aşıklar Mh. Demeç. Sk. No:42 Meram/Konya

Tel / Phone: (0 332) 320 21 88

Web: <https://www.fivezerojournal.com>

E-posta / E-mail: fivezerojournal@erbakan.edu.tr

Five Zero yılda 2 kez yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir /
Five Zero is an international peer reviewed twice-annual journal

YAYIN ve DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Douglas WOODWARD

University of South Carolina, Darla Moore School of Business, Department of Economics, USA,
woodward@moore.sc.edu, <https://orcid.org/0000-0002-3706-5655>

Prof. Dr. Ekrem TATOĞLU

İBN Haldun Üniversitesi, Yönetim Bilimleri Fakültesi, İşletme Bölümü, Türkiye
ekrem.tatoglu@ihu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9119-3252>

Prof. Dr. Hasan Kürşat GÜLEŞ

Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bölümü, Türkiye
kursat.gules@gidatarim.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6388-8591>

Prof. Dr. İhsan KAYA

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye
ihkaya@yildiz.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0142-4257>

Prof. Dr. Mahmut Hakkı AKIN

İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Sosyoloji Bölümü, Türkiye
mahmut.akin@medeniyet.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8140-8600>

Prof. Dr. Muhammed Fatih Bilal ALODALI

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri
Bölümü, Türkiye fatihalodali@erbakan.edu.tr., <https://orcid.org/0000-0003-1830-9279>

Prof. Dr. Remzi ALTUNIŞIK

Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Türkiye
altunr@sakarya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7934-1841>

Prof. Dr. Selda BAŞARAN ALAGÖZ

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi,
Lojistik Yönetimi Bölümü, Türkiye
sbalagoz@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4615-5337>

Prof. Dr. Serhat YÜKSEL

İstanbul Medipol Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi,
Uluslararası Ticaret ve Finans Bölümü, Türkiye
serhatyuksel@medipol.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-3933-0544>

Prof. Dr. Turan PAKSOY

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi,
Havacılık Yönetimi Bölümü, Türkiye
tpaksoy@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-8051-8560>

Prof. Dr. Zekeriya MIZIRAK

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, Türkiye
zmizirak@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0878-0008>

Prof. Dr. Ali Aslan ŞENDOĞDU

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi,
Finans ve Bankacılık Bölümü, Türkiye
asendogdu@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9940-0108>

Doç. Dr. Faruk KARAASLAN

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal ve Beşerî Bilimler Fakültesi, Sosyoloji Bölümü, Türkiye
fkaraarslan@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0836-6264>

Doç. Dr. Mustafa İYİBİLDİREN

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Muhasebe ve Finans Yönetimi
Bölümü, Türkiye, miyibildiren@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-5076-1348>

Dr. Öğr. Üyesi Fatih KALECİ

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Eğitim Fakültesi,
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Türkiye
fkaleci@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6823-3773>

YABANCI DİL REDAKTÖRLERİ/ FOREIGN LANGUAGE EDITOR**Doç. Dr. Özdal KOYUNCUOĞLU**

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi,
Finans ve Bankacılık Bölümü, Türkiye
okoyuncuoglu@erbakan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0740-2702>

MİZANPAJ /LAYOUT**Öğr. Gör. Dr. Mustafa Tevfik HEBEBCİ**

Bilimsel Yayınlar Koordinatörlüğü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye

İçindekiler / Contents

Makale adı / Title of the article Yazar(lar) / Author(s)	Sayfa/Page
Türkiye'deki Katılım Bankalarının Finansal Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Tekniği ile Analizi Analysis of Financial Performance of Participation Banks in Türkiye Using Multi-Criteria Decision-Making Technique <i>Özlem KARADAĞ AK, Ayşe Elif YAZGAN, Yasemin TELLİ ÜÇLER</i>	1-21
Diabetic Retinopathy and Glaucoma Diagnosis with CNN-Based Approach and User Interface for Morphological Analysis of Risky Regions in Fundus Images Fundus Görüntülerinde Riskli Bölgelerin Morfolojik Analizi için CNN Tabanlı Yaklaşım ve Kullanıcı Arayüzü ile Diabetik Retinopati ve Glokom Teşhisi <i>Saim ERVULAR, Emre ERGÜLER, Mehmet Akif TOKEL</i>	22-44
The Economic and Cultural Impacts of Digitalization on the Film Industry Dijitalleşmenin Sinema Endüstrisi Üzerindeki Ekonomik ve Kültürel Etkileri <i>Hamza ÖZÇİFTÇİ, Ahmet ÖZÇİFTÇİ</i>	45-58
Sürdürülebilirlik Perspektifinden Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları Üzerine Etkisi The Effect of Industry 4.0 Technologies on Supply Chain Management Functions from A Sustainability Perspective <i>İbrahim ÖZTÜRK</i>	59-80

Türkiye’deki Katılım Bankalarının Finansal Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Tekniği ile Analizi

Özlem KARADAĞ AK*^{ID} Ayşe Elif YAZGAN^{ID} Yasemin TELLİ ÜÇLER^{ID}

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, Konya, Türkiye

Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 13.01.2025
Kabul Tarihi: 27.02.2025
Yayın Tarihi: 30.06.2025

Anahtar Kelimeler:

Katılım bankaları,
finansal performans,
çok kriterli karar verme

ÖZET

Ülke ekonomisi için büyük öneme sahip olan bankaların sektördeki rekabet nedeniyle kaynaklarını etkin ve verimli kullanmaları önem arz etmektedir. Bu nedenle bankaların performans değerlendirmeleri yapılmalı ve değerlendirme sonucunda gerekli önlemler alınmalıdır. Bu çalışma, Türkiye’de hızla büyüyen katılım bankacılığı sektöründe faaliyet gösteren altı katılım bankasının 2019-2023 yılları arasındaki finansal performanslarını Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada 2019- 2023 yılları arasında Türk Bankacılık Sektöründe faaliyet gösteren 6 katılım bankasının finansal performansları ÇKKV Yöntemlerinden SD ve GIA kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Literatür araştırması sonucunda seçilen 8 kriterin (Özkaynaklar/Toplam Aktif, Toplam Kullandırılan Fonlar/ Toplam Aktif, Toplam Toplanan Fonlar/ Toplam Aktif, Toplam Kullandırılan Fonlar/ Toplam Toplanan Fonlar, Net Dönem Kârı/ Toplam Aktif (ROA), Net Dönem Kârı/ Özkaynaklar (ROE), Özkaynaklar / (Kredi + Piyasa + Operasyonel Riske Esas Tutar), Net Kâr Payı Geliri/ Toplam Aktif) ağırlıklandırılmasında SD (Standart Deviation) yöntemi kullanılırken, bankaların başarı sıralamaları için GIA (Gray Relational Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Ele alınan analiz döneminde katılım bankalarının finansal performansı üzerindeki etkili değerlendirme ölçütü 2019 yılında “ROA” olmakla birlikte, pandeminin yaşandığı 2020 ve 2021 yıllarında bu ölçüt “Toplam Toplanan Fonlar/ Toplam Aktif” olmuştur. Pandemiden sonraki toparlanma dönemi olan 2022 ve 2023 yıllarındaki finansal performans üzerindeki etkisi en fazla olan değerlendirme ölçütü ise “Net Dönem Kârı/ Özkaynaklar (ROE)” olmuştur. Diğer taraftan katılım bankalarının performansı üzerindeki en az etkiye sahip değerlendirme ölçütünün ise yıllar itibarıyla değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. 2019 ve 2020 yılları için finansal açıdan en başarılı olan katılım bankası Ziraat Katılım iken, 2021 ve 2022 yıllarında Kuveyt Türk, 2023 yılında ise Vakıf Katılım olmuştur. 2021 yılı hariç tüm yıllarda Albaraka Türk ise finansal başarı açısından en düşük performans sergileyen banka olmuştur. Vakıf Katılım 2020-2023 yılları arasında, Emlak Katılım ise 2019-2022 yılları arasında finansal performans açısından ilk üçte yer alan bankalar olmuştur.

Analysis of Financial Performance of Participation Banks in Turkey Using Multi-Criteria Decision-Making Technique

Article Info

Received: 13.01.2025
Accepted: 27.02.2025
Published: 30.06.2025

Keywords:

Participation banks,
financial performance,
multi- criteria decision-
making.

ABSTRACT

It is important for banks, which are of great importance for the national economy, to use their resources effectively and efficiently due to competition in the sector. For this reason, performance evaluations of banks should be made, and necessary measures should be taken as a result of the evaluation. The purpose of this study is to analyze the financial performance of participation banks in Turkey, which are increasing their share in the sector with an increasing momentum. In the study, the financial performances of 6 participation banks operating in the Turkish Banking Sector between 2019 and 2023 were compared using Multi-Criteria Decision-Making Methods. While the SD method was used for weighting the 8 criteria selected as a result of the literature research, the GIA method was used for the success rankings of the banks. The evaluation criterion with the highest impact on the financial performance of participation banks in the periods included in the analysis was “Net Income / Total Assets (ROA)” in 2019, while this criterion was “Total Funds Collected / Total Assets” in 2020 and 2021, when the pandemic was experienced. The evaluation criterion with the highest impact on financial performance in 2022 and 2023, the recovery period after the pandemic, was “Net Income/ Total Equity (ROE)”. On the other hand, it has been determined that the evaluation criterion with the least impact on the performance of participation banks varies over the years. In 2019 and 2020, Ziraat Katılım was the most financially successful participation bank, Kuveyt Türk in 2021 and 2022, and Vakıf Katılım in 2023. In all years except 2021, Albaraka Türk has been the lowest performing bank in terms of financial success. In the last four years except 2019, Vakıf Katılım and Emlak Katılım were in the top three except for 2023.

Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Karadağ Ak, Ö., Yazgan, A. E., & Telli Üçler, Y. (2025). Türkiye’deki Katılım bankalarının finansal performanslarının çok kriterli karar verme tekniği ile analizi. *Fivezero*, 5(1), 1-21. <https://doi.org/10.54486/fivezero.2025.42>

*Sorumlu Yazar: Özlem KARADAĞ AK, okaradagak@erbakan.edu.tr



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

GİRİŞ

Modern İslami finans fikri 1940'larda Hintli Müslümanlara kadar uzanırken ve 1960'larda Mısır'da öncüleri görülürken, ilk İslami finans kurumları 1970'lerin başından itibaren şekillenmeye başlamıştır. İslam Konferansı Örgütü'nün gözetimi altında ve Kral Faysal gibi Suudi önderlerin desteklemesiyle Müslüman önderler, İslam dünyasının “siyasi ve ekonomik kaderini” şekillendirecek bir İslami bankacılık sistemi oluşturmaya çalışmışlardır. Bu koşullar altında, 1974 yılında Lahor'da düzenlenen İslam İş Birliği Teşkilatı zirvesinde İslam Kalkınma Bankası kurulmuş ve sonraki yıllarda bir dizi İslami banka faaliyete geçmiştir (Hardy, 2012: 2). Bu bankalar 1970'lerde, genellikle faizsiz bir temelde faaliyet gösteren ticari bankalar iken, bugün, siyasi-ekonomik ortamda yaşanan geniş çaplı değişimlerin bir sonucu olarak daha çeşitli ve yenilikçi, yeni nesil İslami finans kurumları olarak piyasada yer almaktadır. Bu sektördeki en önemli gelişme, İslami finansın küresel ekonomiye giderek daha fazla entegre olmasıdır denilebilir (Warde, 2010: 1). İslami finansın küreselleşmesi, özellikle katılım bankacılığının gelişimiyle hız kazanmıştır.

Katılım bankaları, faiz hassasiyetine sahip bireylerin ellerindeki fonları ekonomiye kazandırmak amacıyla kurulmuş, aynı zamanda bu fonların güvenli bir şekilde muhafaza edilmesine ve değerlendirilmesine yardımcı olmuştur. 1970'li yıllarda kurulan ve günümüzde hala faaliyet gösteren bu bankalar, zaman içinde daha geniş bir yelpazede finansal ürünler sunarak, piyasa koşullarına daha iyi uyum sağlamıştır (Alharbi, 2015: 15). Bu bankaların hem bireyler hem de işletmeler için sunduğu alternatif finansman yöntemleri, İslami finansın küresel ölçekteki önemini artırmış ve bu sektörü daha dinamik hale getirmiş ve özellikle Müslüman çoğunluklu ülkelerde alternatif bir finansal aracılık yolu olarak ortaya çıkmıştır (Aysan, vd., 2016: 187).

Türkiye, 1980'lerde Turgut Özal'ın Başbakanlığı döneminde sıkı bir şekilde kontrol edilen ekonomisinin liberalleşmesiyle birlikte, küresel İslami finans eğilimlerine katılmaya başlamıştır. Arap Körfez ülkelerinden daha fazla doğrudan yabancı yatırım çekme planının bir parçası olarak 1983 yılında bir kararname ile “Özel Finans Kurumu” unvanı ile faizsiz bankacılık yasallaştırılmıştır. Fakat bu kurumlar konvansiyonel bankalarla aynı statüye sahip olmadığı gibi Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın sigorta programı kapsamında değillerdi ve devlet tahvillerine de yatırım yapamıyorlardı (Hardy, 2012: 3). İslam Kalkınma Bankası'nın kurucu üyelerinden olan Türk devleti, 1984 yılında hissesini yükselterek bankanın en büyük ortaklarından biri olmuştur. Bu durum Türkiye'ye İslam Kalkınma Bankası'nın yönetim kurulunda daimî bir üye bulundurma hakkı vermiş ve sonuç olarak Türkiye, İslam ülkeleri arasında iş birliği programlarının gerçekleştirilmesine yardımcı olan, uluslararası ticaret ve altyapı projelerini destekleyen ve yeni finansal araçlar geliştiren İslam Kalkınma Bankası'nda daha etkili bir rol oynamıştır (Savaşan, Saraç ve Gürdal, 2013: 113).

1985'te faaliyetlerine başlayan Albaraka Türk, Türkiye'deki katılım bankacılığının ilk uygulamasıdır. Onu aynı yıl Faisal Finans izlemiştir ve her ikisinde de Arap Körfezi paydaşları kontrol hissesine sahiptir. Yıllar içerisinde Türk sermayesi ve mülkiyetiyle diğer özel finans kurumları da kurulmuştur: 1991'de Anadolu Finans, 1995'te İhlas Finans ve 1996'da Asya Finans (tkbb.org.tr). Ancak 1990'ların sonundaki döviz ve mali kriz nedeniyle bankacılık sektörü 1999-2001 yılları arasında çok zor bir dönemden geçmiştir. Kriz dönemi, sistemik nedenlerden dolayı bir dizi geleneksel bankanın iflasıyla ve ayrıca yaygın kurumsal yönetim başarısızlıklarıyla da damgalanmıştır. Bu başarısızlıklar finansal sistemi güçlendirmek için yeni düzenlemelerle sonuçlanmıştır. Bu süreçte, Özel Finans Kurumları bankacılık sektörünün şemsiyesi altına alınmış ve Aralık 1999'dan itibaren, 4389 sayılı Bankacılık Kanunu kapsamına dahil edilmiştir (Asutay, 2013: 215). Sektörde yer alan “Özel Finans Kurumları”, 2005 yılında yürürlüğe giren Bankacılık Kanunu (5411 sayılı) ile “Katılım Bankası” unvanı ile faaliyetlerine devam etmektedirler (tkbb.org.tr). 2007-2009 küresel mali krizi ve artan belirsizlik, daha fazla küreselleşmeyle birlikte, özellikle İslami bankacılığın çok hızlı gelişmesine katkıda bulunmuştur

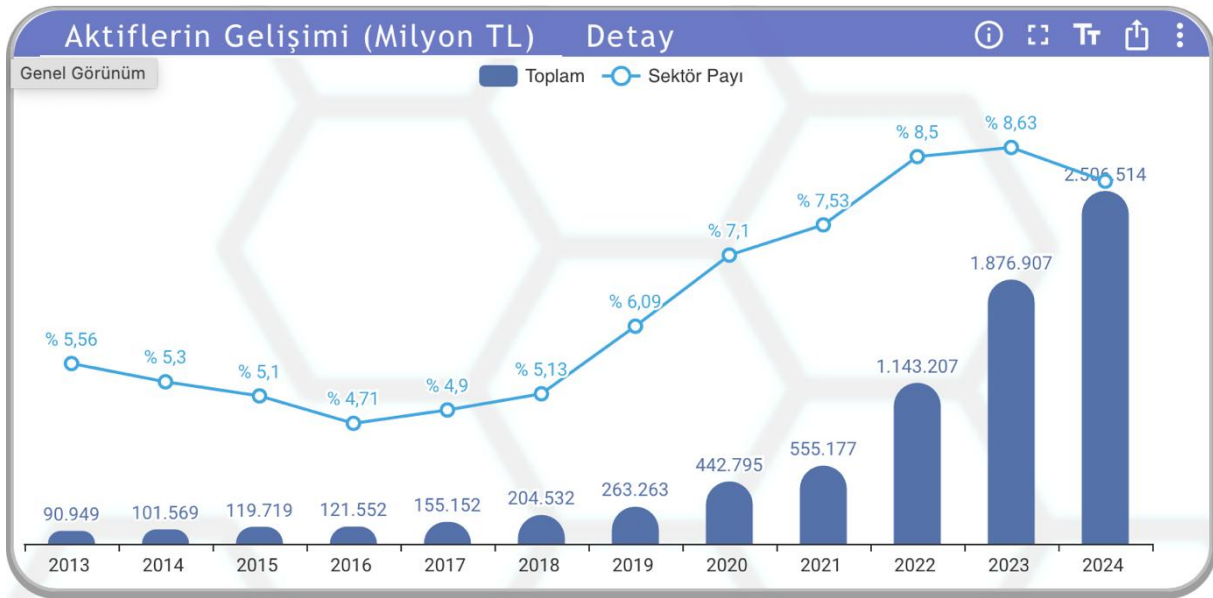
(Bilgin, Danisman, Demir & Tarazi, 2021: 1).

Yapılan düzenleme ve denetlemelerle günümüzde gittikçe payını artıran katılım bankalarının finansal performanslarının analiz edilmesi bankaların durumu hakkında ilgilenenleri bilgilendirmenin etkili yöntemlerinden biridir. İşletmelerin performanslarının analizi, işletmelerin hedeflerine ulaşma yolunda uygulamış oldukları stratejilerinin doğruluğunu ortaya koyma ve bu stratejilerin söz konusu işletmeyi hedeflerine ne ölçüde taşıdığını göstermesi açısından önemlidir (Öğüt ve Tarhan, 2022: 160). Finans sektörünün önemli kurumlarından olan bankaların performanslarının ölçülmesi, müşterilerinin memnuniyet düzeylerinin belirlenmesi, kendileri ve rakipleri ile karşılaştırma yapmaları, hissedarları için başarılı olup olmadıklarının tespiti gibi konulardaki değerlendirmelerin ve kararların varsayımlar yerine gerçek verilerle ele alınmasına imkân tanımaktadır.

Türk Bankacılık Sektörünün ve Katılım Bankacılığının yıllar itibariyle rakamlarla gelişimine bakıldığında; Ekim 2024 verilerine göre sektörün aktif büyüklüğü 30.884.697 milyon TL'ye ulaşmıştır. Aktiflerin %85,97'si mevduat bankalarına, %8,15'i katılım bankalarına, %5,88'i ise kalkınma ve yatırım bankalarına aittir (tkbb.org.tr). Katılım bankalarının 2013- 2024 yılları arasındaki aktiflerinin gelişimine (Şekil 1) bakıldığında ise; 2013 yılında 90.949 milyon TL ile sektörde %5,56'lık bir aktif büyüklüğüne sahipken, 2024 Ekim itibariyle 2.506.514 milyon TL ile bu payını %8,63 yükselttiği görülmektedir.

Şekil 1

Türk Bankacılık Sektöründeki Katılım Bankalarındaki Aktiflerin Seyri

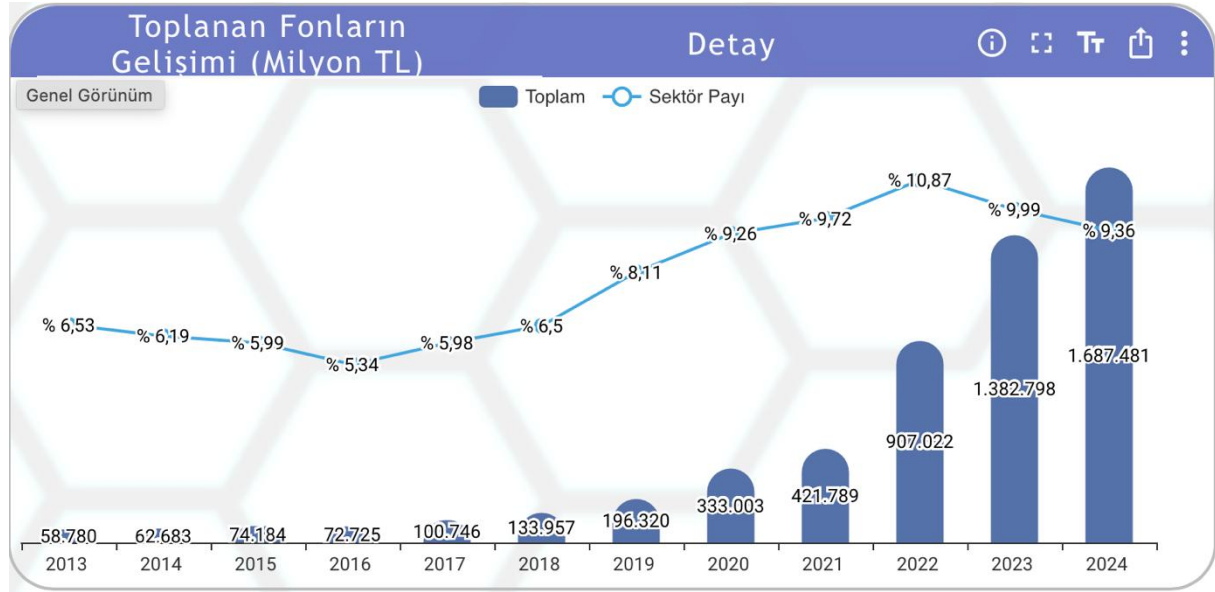


Kaynak: tkbb.org.tr

Ekim 2024 verilerine göre Türk Bankacılık Sektöründeki 18.102.888 milyon TL tutarındaki toplanan fonların %90,64'ü mevduat bankalarına, %9,36'sı katılım bankalarına aittir (tkbb.org.tr). Katılım bankalarının 2013- 2024 yılları arasındaki toplanan fonların gelişimine (Şekil 2) bakıldığında; 2013 yılında 58.780 milyon TL ile sektörde %6,53'lük bir paya sahipken, 2024 Ekim itibariyle 1.687.481 milyon TL ile payını %9,36'ya yükselttiği görülmektedir.

Şekil 2

Türk Bankacılık Sektöründeki Katılım Bankalarındaki Toplanan Fonların Seyri

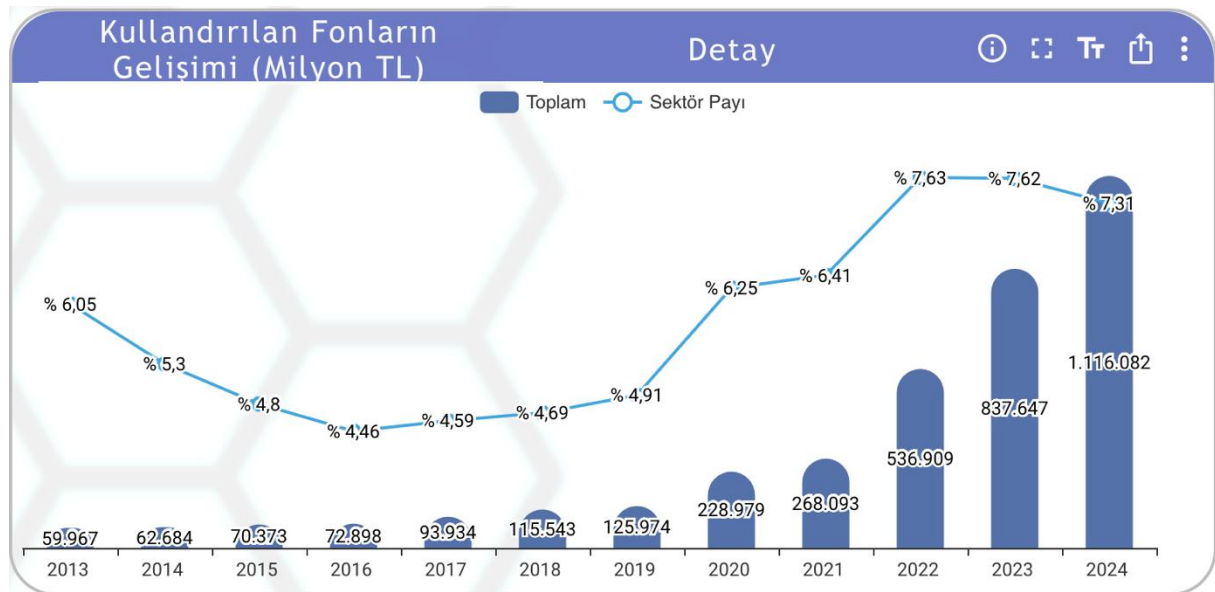


Kaynak: tkbb.org.tr

Ekim 2024 verilerine göre Türk Bankacılık Sektöründeki 15.143.376 milyon TL tutarındaki kullandırılan fonların %85,37'si mevduat bankalarına, %7,32'si kalkınma ve yatırım bankalarına, %7,31'i ise katılım bankalarına aittir (tkbb.org.tr). Katılım bankalarının 2013- 2024 yılları arasındaki toplanan fonların gelişimine (Şekil 3) bakıldığında; 2013 yılında 59.967 milyon TL ile sektörde %6,05'lik bir paya sahipken, 2024 Ekim itibarıyla 1.116.082 milyon TL ile payını %7,31'e yükselttiği görülmektedir.

Şekil 3

Türk Bankacılık Sektöründeki Katılım Bankalarındaki Kullandırılan Fonların Seyri



Kaynak: tkbb.org.tr

Bu rakamlara ilaveten Ekim 2024 itibariyle toplam 2.659.832 milyon TL olan sektörün özkaynağının 195.190 milyon TL’si katılım bankalarına aittir. Ayrıca sektörde yer alan 10.930 şubenin 1.509’u ve 209.814 personelin ise 21.356’sı katılım bankalarına aittir (tkbb.org.tr). Rakamlara bakıldığında giderek artan bir ivmeyle sektördeki payını artıran katılım bankalarının akademisyenler tarafından gün geçtikçe ilgi odağı haline gelmesi kaçınılmazdır.

LİTERATÜR

Hem ulusal hem de uluslararası literatürde Konvansiyonel bankaların finansal performanslarını ÇKKV teknikleriyle analiz eden birçok çalışma (Chang, 2006; Ho ve Wu, 2006; Lin ve Zhang, 2009; Kandemir ve Karataş, 2016; Tezergil, 2016; Şişman ve Doğan, 2016; Yurttadur ve Demirbaş, 2017; Yalçiner ve Karaatlı, 2018; Galdeano vd., 2019; Topak ve Çanakçıoğlu, 2019; Santoso ve Santasyacitta, 2020; Ak, Babuşcu ve Hazar, 2021; Ak, Hazar ve Babuşcu, 2024) mevcutken Katılım bankalarının finansal performanslarını ÇKKV teknikleriyle analiz eden az sayıda çalışmaya rastlanmıştır.

Çalışmanın amacı katılım bankalarının güncel verilerle ve farklı finansal oranlarla performanslarının değerlendirilerek akademisyenlere, paydaşlara, yöneticilere ve mudilere katkı sağlamaktır. Bu bölümde katılım bankalarının çeşitli ÇKKV teknikleri ile finansal performanslarını ele alan çalışmalara yer verilmiştir.

Dogan (2015), Türkiye’deki katılım bankalarının 2012- 2014 yılları arasındaki finansal performanslarını Gri İlişkisel Analiz kullanarak analiz etmiştir. 10 adet finansal oran ile yapmış olduğu analiz sonucunda finansal performans açısından “Albaraka Türk” bankasının ilk sırada “Bank Asya”nın ise sonuncu sırada yer aldığını ortaya koymuştur. Ayrıca “varlık getirisi” yüksek olan bir katılım bankasının aynı zamanda yüksek bir finansal performansa sahip olabileceğine de vurgu yapmıştır.

Esmer ve Bağcı (2016), 2005- 2014 yılları arasında Türkiye’de faaliyet gösteren 4 katılım bankasının finansal performansını 7 kriter kullanarak TOPSIS metodu ile analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, katılım bankaları arasında en yüksek finansal performansa sahip bankanın Banka Asya olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Türkiye’deki özel ve devlet sermayeli katılım bankalarının finansal performanslarını ÇKKV tekniklerinden biri olan TOPSIS yöntemiyle karşılaştıran Yağlı (2020), performans göstergelerini CAMELS derecelendirme sistemi yardımıyla belirlemiştir. Yazar çalışmasında 2016- 2018 dönemi için, 3’ü özel 2’si devlet mülkiyetli olmak üzere 5 bankayı, 15 göstergeyle ele almıştır. Analiz sonuçlarına göre devlet katılım bankalarının özel katılım bankalarından daha iyi performansa sahip olduğunu ortaya koymuş ve devlet katılım bankalarının varlık kalitesinin ve yönetim verimliliğindeki etkinliğinin bu sonuca katkıda bulunduğuna vurgu yapmıştır.

Salur ve Cihan (2020), 2010-2018 yılları arasında Türkiye’de faaliyet gösteren 18 geleneksel banka ve 3 katılım bankasının finansal performansını TOPSIS yöntemiyle karşılaştırmışlardır. 15 kriterin ele alındığı çalışmanın ilk adımında tüm bankaların genel sıralamalarına, ikinci adımında ise bankaları geleneksel kamu bankaları, geleneksel özel bankalar ve katılım bankaları olarak gruplandırıp sıralamışlardır. İlk adımda yapılan analiz sonuçlarına göre Akbank’ın birinci sırada yer aldığı, ikinci adımda yapılan analiz sonuçlarında ise kamu bankalarının olumlu performans sergilediklerini ortaya koymuşlardır.

Çilek ve Karavardar (2020) çalışmalarında Türkiye’de faaliyet gösteren 5 katılım bankasının finansal performansını 9 adet finansal oran ile Multi-MOORA metodunu kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda en iyi finansal verimliliğe sahip olan katılım bankasının Vakıf Katılım olduğunu belirtmişlerdir.

Hamamcı ve Karkacıer (2022), Körfez İş Birliği Konseyi’ne üye ülkeler ile Türkiye’de faaliyet

gösteren toplam 26 katılım bankasının finansal performansını, 2016- 2019 dönemi için 8 kriterle ele aldıkları çalışmalarında TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Kriterlerin ağırlıklandırılmalarında Entropi yöntemini kullanmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, Birleşik Arap Emirlikleri'nin 2018 yılı hariç diğer yıllarda ilk sırada yer aldığı tespit edilmiştir. 2018 yılında Umman, performans sıralamasında ilk sırada yer almıştır. Türkiye'nin 2016 yılında ikinci sırada yer aldığı ancak diğer üç yılda üçüncü sırada yer aldığı görülmüştür.

Özer ve Saygın (2022), 2011-2020 yılları arasında Türkiye'de faaliyet gösteren katılım bankalarının 7 adet finansal verisini Promethee yöntemini kullanarak finansal performanslarını analiz etmişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre, en yüksek performansa sahip bankalar sırasıyla, Kuveyt Türk, Türkiye Finans ve Vakıf Katılım, en düşük performansa sahip bankalar ise, Albaraka Türk, Bank Asya ve Emlak Katılım olmuştur.

Öner (2022), Türkiye'de faaliyet gösteren katılım bankalarının COVID-19 öncesi ve sonrası finansal performansını TOPSIS yöntemiyle ele almıştır. 2019- 2021 dönemini ele aldığı çalışmasının sonuçlarına göre, Kuveyt Türk'ün pandemi öncesi ve sonrası en yüksek, Albaraka Türk'ün ise en düşük performansı gösterdiğini ortaya koymuştur.

Bayram vd. (2023) çalışmalarında, Türkiye'de faaliyet gösteren mevduat ve katılım bankalarının finansal sağlamlıklarını 2017- 2022 yılları için analiz etmişlerdir. Çalışmada ARAS, CoCoSo, COPRAS, MABAC ve TOPSIS gibi sıralama yöntemleri uygulanmış ve sıralama sonuçları Borda Sayımı yöntemiyle birleştirilmiştir. Analiz edilen bankalar arasında sağlam ve sağlıklı bir finansal sağlamlık seviyesi olduğunu ve özellikle finansal sağlamlık sıralamalarında özel mevduat bankalarının üstün performans sergilediklerini ortaya koymuşlardır.

Dağlı ve Kuvvetli (2023), çalışmalarında katılım bankalarının 2018-2022 yılları arasındaki finansal göstergelerini baz alınarak çok kriterli karar alma teknikleri olan Entropy, CILOS, IDOCRIW ağırlıklandırma yöntemlerini ve CoCoSo yöntemini kullanılarak finansal performanslarını değerlendirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre Kuveyt Türk Katılım Bankası, Entropy yöntemi ile elde edilen 2019 sıralamaları hariç tüm yıllarda performansta birinci sırada yer almıştır.

Akbulut (2023), 2019-2022 döneminde Türkiye'de aktif olarak faaliyet gösteren altı katılım bankasının finansal performansını CRITIC ve COPRAS yaklaşımlarını kullanarak analiz etmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, analiz kapsamına alınan dönemlerde bankaların başarı sıralamalarının değiştiği; 2019, 2020 ve 2021 yıllarında finansal açıdan en başarılı katılım bankası Türkiye Finans Katılım Bankası A.Ş. iken, 2022 yılında Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş. olmuştur. Finansal başarı açısından en düşük performansa sahip banka ise hem 2019 hem de 2022 yılında Albaraka Türk Katılım Bankası A.Ş.; 2020 ve 2021 yıllarında ise Emlak Katılım Bankası A.Ş. olmuştur.

Bulut ve Şimşek (2024), Borsa İstanbul (BİST)'da işlem gören altı Türk katılım bankasının 2023 yılına ait finansal performanslarını ARAS, TOPSIS ve COPRAS yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. 20 adet finansal oran kullandıkları çalışmalarının sonucunda her üç yöntemle de Emlak Katılım Bankası'nın en iyi performansa sahip banka olduğu sonucuna varmışlardır.

Coşkun ve Rençber (2024), Türkiye'deki beş katılım bankasının 2018- 2022 dönemi için performanslarını CRITIC tabanlı TOPSIS adı verilen çok kriterli bir karar alma tekniğini kullanarak değerlendirmişlerdir. 7 kriter kullandıkları analizin sonucunda, Vakıf Katılım Bankası'nın 2018'de, Ziraat Katılım Bankası'nın 2019-2020'de ve Kuveyt Türk Katılım Bankası'nın 2021-2022'de en yüksek performansı gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Asker (2024), Türkiye'deki 5 katılım bankasının 2018-2022 dönemi için finansal performansını MEREC tabanlı CRADIS yöntemi ile incelenmiştir. COVID-19 öncesi ve sonrası finansal

performanslarını 10 adet kriter kullanarak analiz ettiği çalışmasının sonuçlarına göre Ziraat Katılım'ın Covid-19 salgını öncesi dönemde, Kuveyt Türk ve Albaraka Türk'ün Covid-19 salgını sırasında, Kuveyt Türk'ün ise Covid-19 sonrası dönemde en iyi finansal performansa sahip olduğunu belirlemiştir. Ayrıca 2018-2019 yıllarında kamu sermayeli Ziraat Katılım, 2020 ve 2022 yıllarında özel sermayeli Kuveyt Türk, 2021 yılında ise Albaraka Türk Katılım Bankası en iyi finansal performansa sahip olduğu sonucunu elde etmiştir.

Yerlikaya ve Uysal (2024), Türkiye’de faaliyet gösteren 6 katılım bankasının finansal performansını 2019-2022 yıllarına ait 12 kriteri TOPSIS yöntemini kullanarak ölçtükleri çalışmalarında, en yüksek performansa sahip bankanın Kuveyt Türk olduğunu, Vakıf Katılım'ın ise söz konusu dönemde istikrarlı bir şekilde sıralamasını yukarıya taşıdığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca yüksek performansa sahip bankaların, ürün çeşitliliği sağlayan ve çok sayıda şube ve personele sahip olan bankalar olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Koçyiğit (2024), Türkiye’de faaliyet gösteren 6 katılım bankasının 2019-2022 yılları arasındaki finansal performansını Veri Zarflama Analizi ile ölçmüştür. Yapılan VZA sonucunda Ölçeğe Göre Değişken Getiri” ve “Ölçeğe Göre Sabit Getiri” modellerinde her yıl Kuveyt Türk, Türkiye Finans ve Ziraat Katılım bankalarının tam etkin olduğu sonucunu elde etmiştir.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, Türkiye’deki katılım bankalarının finansal performanslarını SD (Standart Sapma) ve GIA (Gri İlişkisel Analiz) Yöntemleriyle birlikte ele alan bir çalışmaya rastlanılmadığından çalışmanın bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

YÖNTEM

Finansal oranlar finansal performans analizinde çeşitli gelişmiş modellerle kullanılırken, finansal paydaşların belirsiz süreçleri analiz etmelerine yardımcı olmak için halâ yeni yöntemler geliştirilmektedir. Yapay sinir ağları, ÇKKV’ler ve makine öğrenimi bu anlamda sıklıkla kullanılan yöntemler arasındadır. ÇKKV’ler söz konusu olduğunda, bu yöntemlerin kullanımının çeşitliliği ve zenginliği ve istatistiksel olarak güçlü sonuçları, araştırmacıların ve finansal karar vericilerin dikkatini çekmiştir (Elma, 2023: 5). Çok kriterli bir problem için alternatifleri belirlemek ve sıralamak için ÇKKV metodolojini tercih etmek mantıklıdır (Baydaş, Eren ve İyibildiren, 2023: 148).

Bu çalışmada 2019- 2023 yılları arasında Türk Bankacılık Sektöründe faaliyette bulunan 6 katılım bankasının finansal performansları SD ve GIA Yöntemleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Kolaylık olması açısından çalışmada kullanılan oranlar ve bankalar için bir kodlama oluşturulmuştur (Tablo 1 ve Tablo 2).

Tablo 1

Bankalar, Kodları ve Kuruluş Tarihleri

Banka Adı	Banka Kısaltması	Kuruluş Yılı
Albaraka Türk Katılım Bankası A.Ş.	A	1984
Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.	K	1988
Türkiye Finans Katılım Bankası A.Ş.	F	1991
Ziraat Katılım Bankası A.Ş.	Z	2014
Vakıf Katılım Bankası A.Ş.	V	2015
Türkiye Emlak Katılım Bankası A.Ş.	E	2018

Kaynak: tkbb.org.tr

Ekim 2024 tarihi itibarıyla Türkiye Katılım Bankaları Birliği (TKBB)’ne üye banka sayısı 9 olup bunlardan ikisi 2023 yılında kurulan ve dijital katılım bankası olan T.O.M. Katılım Bankası ve Hayat

Finans Katılım Bankası'dır. Adı geçen iki dijital banka ve yine 2023 yılında kurulan Dünya Katılım Bankası için henüz yeterli bir veri olmadığı için analize dahil edilememiştir. Analiz başlangıcının 2019 olmasının nedeni ise T. Emlak Katılım Bankası A.Ş.'nin 2019'da faaliyete geçmiş olmasıdır.

Tablo 2

Finansal Oranlar ve Kodları

Oran Adı	Oran Kodu
Özkaynaklar/Toplam Aktif	OA
Toplam Kullanılan Fonlar/ Toplam Aktif	KA
Toplam Toplanan Fonlar/ Toplam Aktif	MA
Toplam Kullanılan Fonlar/ Toplam Toplanan Fonlar	KM
Net Dönem Kârı/ Toplam Aktif (ROA)	ROA
Net Dönem Kârı/ Özkaynaklar (ROE)	ROE
Özkaynaklar / (Kredi + Piyasa + Operasyonel Riske Esas Tutar)	SYR
Net Kâr Payı Geliri/ Toplam Aktif	FA

Kaynak: tkbb.org.tr ve yazar hesaplaması.

Bankaların finansal performanslarını kıyaslamak adına uygulamada birçok oran kullanılabilmektedir. Bu oranlar arasından literatürde kabul görmüş (Esmer ve Bağcı, 2016; Coşkuner ve Rençber, 2024; Hamamcı ve Karkacı, 2022; Çilek ve Karavardar, 2020; Yayar ve Baykara, 2012; Tetik ve Şahin, 2020; Alsu, Taşdemir ve Kallo, 2018; Ayriçay, Özçalıcı ve Bolat, 2017) ve önemli kabul edilebilecek oranlar, ulaşılabilirliği de göz önünde bulundurularak ele alınmıştır. Söz konusu oranlara ait veriler TKBB'nin resmi internet sitesi ve katılım bankalarının faaliyet raporları ile bağımsız denetim raporlarından elde edilmiştir.

METODOLOJİ

Bu çalışmanın amacı, Türkiye faaliyet gösteren altı katılım bankasının 2019-2023 dönemi için finansal performanslarını SD ve GIA yöntemlerini birlikte kullanarak karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Bu doğrultuda, öncelikle çalışmanın analiz kısmında kullanılan ÇKKV yöntemlerinden olan SD ve GIA yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

SD (Standart Sapma) Yöntemi

Diakoulaki ve arkadaşları tarafından 1995 yılında geliştirilen objektif bir ağırlıklandırma yöntemi olan SD yöntemi, serilerin ortalamalarından ne kadar saptığını hesaplayan bir yöntemdir (Diakoulaki, 1995, s.764). Entropi yöntemine benzeyen bu yöntem; alternatifler arasında uzak değer ölçütlerine yüksek önem verirken, benzer değer ölçütlerine düşük önem vermektedir. Ölçütlerin farklı birimlerle normalleştirilmesi ile yöntemin dezavantajı ortadan kalkmaktadır. Yöntemin uygulama adımları şu şekildedir (Diakoulaki, 1995: 764-765; Uludağ ve Doğan, 2021: 409-411):

Adım 1: Öncelikle karar probleminin kriterleri ve alternatiflerinden oluşan karar matrisi Eşitlik(1) yardımıyla hesaplanır.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Karar matrisinde farklı birimlere sahip kriterlerin normalizasyon işlemi; kriter fayda odaklı olduğunda Eşitlik(2) yardımıyla, maliyet odaklı olduğunda Eşitlik(3) yardımıyla hesaplanır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$x_{ij}^* = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Adım 3: Yöntemin üçüncü adımında, kriterlerin standart sapmaları (σ_j) Eşitlik (4)'ten ve bu kriterlerin ağırlık değerleri (w_j) Eşitlik (5)'ten hareketle hesaplanır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{m}}; j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^n \sigma_j}; j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

GIA (Gri İlişkisel Analiz) Yöntemi

Deng tarafından 1989 yılında Gray sistem teorisi temel alınarak geliştirilen yöntem, küçük örneklemelerde, az sayıda veride ve belirsizlik durumlarında etkili sonuçlar veren bir ÇKKV yöntemidir ve hesaplaması da oldukça kolaydır. Yöntemin uygulama adımları şu şekildedir (Ayçin ve Çakın, 2019: 637):

Adım 1: Karar problemindeki kriterler ve alternatiflerden oluşan karar matrisi, Eşitlik(6)'dan oluşturulur.

$$x_i^* = \begin{bmatrix} x_1(1) & \dots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_n(1) & \dots & x_n(n) \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 2: Bu adımda, karşılaştırmalar yapmak için Eşitlik (7)'ye dayalı bir referans serisi oluşturulur. Bu seri kriteri, fayda odaklı olduğunda en yüksek değer, maliyet odaklı olduğunda en düşük değeri seriyeye alınmasıyla oluşturulur. Daha sonra, Adım 1'deki karar matrisinin ilk satırına eklenerek karşılaştırma matrisi elde edilir.

$$x_0 = (x_0(j))_{j=1,2,\dots,n} \quad (7)$$

Adım 3: Bu adımda, kriterin fayda odaklı olması durumunda Eşitlik (8), maliyet odaklı olması durumunda Eşitlik (9) ve optimal olması durumunda Eşitlik (10) yardımıyla kriterlerin normalizasyon işlemleri yapılır.

$$x_i^* = \frac{x_i(j) - \min_j x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (8)$$

$$x_i^* = \frac{\max_j x_i(j) - x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (9)$$

$$x_i^* = \frac{|x_i(j) - x_{ob}(j)|}{\max_j x_i(j) - x_{ob}(j)} \quad (10)$$

Eşitlik (10)'da, $x_{ob}(j)$, j , kriterin hedef değeridir ve $\max_j x_i(j) \geq x_{ob}(j) \geq \min_j x_i(j)$ aralığında değerler alır. Bu işlemlerin sonucunda, normalize edilmiş karar matrisi aşağıdaki gibi olur.

$$x_i^* = \begin{bmatrix} x_i^*(1) & \dots & x_i^*(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_n^*(1) & \dots & x_n^*(n) \end{bmatrix} \quad (11)$$

Adım 4: Eşitlik (12) temel alınarak mutlak değer tablosu oluşturulur.

$$\Delta_{oi}(j) = |x_0^*(j) - x_i^*(j)| = \begin{bmatrix} \Delta_{o1}(1) & \dots & \Delta_{o1}(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{om}(1) & \dots & \Delta_{om}(n) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Adım 5: Gri ilişkisel katsayı matrisi, Eşitlik (13) yardımıyla oluşturulur.

$$\gamma_{oi}(j) = \frac{\Delta_{min} + \xi \Delta_{max}}{\Delta_{oi}(j) + \xi \Delta_{max}} \quad (13)$$

Denklemden ξ , diskriminant katsayı olarak ifade edilmekte ve (0,1) aralığında değerler almaktadır. Yapılan çalışmalarda bu değerin ξ 'nin 0,5 olarak alınması önerilmektedir (Ecer ve Günay, 2014: 43).

Adım 6: Son adımda gri ilişki derecesi, kriter ağırlıkları eşitse Eşitlik (14)'ten, farklıysa Eşitlik (15)'ten hareketle hesaplanır.

$$\Gamma_{oi} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_{oi}(j) \quad (14)$$

$$\Gamma_{oi} = \sum_{j=1}^n [w_i(j) \gamma_{oi}(j)] \quad (15)$$

BULGULAR

Bu çalışmada Türkiye'deki katılım bankalarının 2019-2023 dönemi için finansal performansları SD ve GIA yöntemleri kullanılarak bütünlük bir şekilde değerlendirilmiştir. Analize tabi tutulan bankaların finansal performansını belirlemek için kullanılan kriterlere ilişkin veriler TKBB'nin resmi internet sitesi ve katılım bankalarının faaliyet raporları ile bağımsız denetim raporlarından elde edilmiştir. Kullanılan 8 kriterle ilişkin bilgiler Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3*Belirlenen Kriterlere İlişkin Bilgiler*

Kriterler	Kriterler Kod	Kriterler Yön
OA	K ₁	Fayda
KA	K ₂	Fayda
MA	K ₃	Fayda
KM	K ₄	Fayda
ROA	K ₅	Fayda
ROE	K ₆	Fayda
SYR	K ₇	Fayda
FA	K ₈	Fayda

Uygulamanın ilk bölümünde, 2019-2023 yılları arasında Türkiye’deki katılım bankalarının finansal performansına ilişkin verileri içeren karar matrisi SD yöntemi kullanılarak elde edilmiş olup, bu veriler Tablo 4’te gösterilmiştir. Çalışmanın uzun zaman dilimine yayılması nedeniyle tablolarda sadece 2019 yılı bulguları örnek olarak verilmiştir.

Tablo 4*Karar Matrisi (2019)*

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
A	0,074	0,596	0,774	0,770	0,001	0,017	0,150	0,016
K	0,065	0,529	0,819	0,646	0,011	0,163	0,193	0,033
F	0,092	0,621	0,762	0,815	0,007	0,078	0,173	0,037
V	0,065	0,613	0,756	0,810	0,011	0,166	0,149	0,022
Z	0,087	0,712	0,700	1,018	0,014	0,163	0,166	0,038
E	0,008	0,617	0,641	0,963	0,005	0,610	0,636	0,023

Yöntemin ikinci adımında, çalışmada kullanılan tüm kriterler fayda odaklı kriterler olduğu için sadece Eşitlik (2) esas alınarak normalizasyon yapılmış ve yeni bir matris elde edilerek sonuçlar Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5*Normalize Edilmiş Karar Matrisi (2019)*

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
A	0,790	0,368	0,748	0,335	0,000	0,000	0,002	0,000
K	0,682	0,000	1,000	0,000	0,724	0,246	0,091	0,808
F	1,000	0,506	0,683	0,455	0,461	0,104	0,049	0,972
V	0,674	0,457	0,649	0,441	0,731	0,251	0,000	0,296
Z	0,940	1,000	0,328	1,000	1,000	0,247	0,035	1,000
E	0,000	0,484	0,000	0,852	0,279	1,000	1,000	0,344

Yöntemin son aşamasında, her kriter için standart sapma (σ_j) değeri Eşitlik (4)’ten, kriterlerin ağırlık değerleri (w_j) ise Eşitlik (5)’ten elde edilmiş ve bu değerler Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6*Normalleştirilmiş Karar Matrisi (2019)*

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
σ_j	0,573	0,469	0,567	0,565	0,684	0,521	0,605	0,628
w_j	0,124	0,102	0,123	0,122	0,148	0,113	0,131	0,136

Tablo 6’da görüldüğü üzere 2019 yılında SD yöntemi sonuçlarına göre ele alınan kriterler arasında finansal performansa etki eden en önemli kriterlerin sırasıyla Net Dönem Kârı/ Toplam Aktif, Net Kâr Payı Geliri/ Toplam Aktif ve Sermaye Yeterlik Rasyosu olduğu görülmektedir. Finansal performansa en az etkisi olan kriterin ise Toplam Kullandırılan Fonlar/ Toplam Aktif olduğu görülmektedir. SD yöntemi sonuçlarına göre 2019-2023 yılları arasında kriterlerin ağırlık değerleri (w_j) aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 7*Kriterlerin w_j Değerleri*

	2019	2020	2021	2022	2023
K ₁	0,124	0,116	0,106	0,106	0,124
K ₂	0,102	0,133	0,116	0,117	0,123
K ₃	0,123	0,141	0,149	0,136	0,135
K ₄	0,122	0,127	0,121	0,116	0,129
K ₅	0,148	0,140	0,128	0,130	0,119
K ₆	0,113	0,105	0,132	0,138	0,145
K ₇	0,131	0,110	0,123	0,137	0,107
K ₈	0,136	0,130	0,125	0,119	0,118

Tablo 7 incelendiğinde, ele alınan analiz döneminde katılım bankalarının finansal performansı üzerindeki en etkili değerlendirme ölçütü 2019 yılında “Net Dönem Kârı/ Toplam Aktif (ROA)” olmakla birlikte, pandeminin yaşandığı 2020 ve 2021 yıllarında bu ölçüt “Toplam Toplanan Fonlar/ Toplam Aktif” olmuştur. Pandemiden sonraki toparlanma dönemi olan 2022 ve 2023 yıllarındaki finansal performans üzerindeki etkisi en fazla olan değerlendirme ölçütü ise “Net Dönem Kârı/ Özkaynaklar (ROE)” olmuştur. Diğer taraftan katılım bankalarının performansı üzerindeki en az etkili değerlendirme ölçütünün ise yıllar itibarıyla değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

Uygulamanın ikinci bölümünde Türkiye’deki katılım bankalarının finansal performansları GIA yöntemi ile analiz edilmiştir. Yöntemin ilk adımında karar matrisine referans serisi satırı eklenerek karşılaştırma matrisi elde edilmiş ve değerler Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8*Karşılaştırma Matrisi (2019)*

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda
Ref. Serisi	0,092	0,712	0,819	1,018	0,014	0,610	0,636	0,038
A	0,074	0,596	0,774	0,770	0,001	0,017	0,150	0,016
K	0,065	0,529	0,819	0,646	0,011	0,163	0,193	0,033
F	0,092	0,621	0,762	0,815	0,007	0,078	0,173	0,037
V	0,065	0,613	0,756	0,810	0,011	0,166	0,149	0,022

Z	0,087	0,712	0,700	1,018	0,014	0,163	0,166	0,038
E	0,008	0,617	0,641	0,963	0,005	0,610	0,636	0,023

İkinci adımda, çalışmada ele alınan tüm kriterler fayda odaklı olduğundan Eşitlik (8) kullanılarak normalize matris oluşturulmuş ve bulunan değerler Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9

Normalleştirilmiş Karar Matris (2019)

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆	K₇	K₈
Ref. Serisi	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A	0,790	0,368	0,748	0,335	0,000	0,000	0,002	0,000
K	0,682	0,000	1,000	0,000	0,724	0,246	0,091	0,808
F	1,000	0,506	0,683	0,455	0,461	0,104	0,049	0,972
V	0,674	0,457	0,649	0,441	0,731	0,251	0,000	0,296
Z	0,940	1,000	0,328	1,000	1,000	0,247	0,035	1,000
E	0,000	0,484	0,000	0,852	0,279	1,000	1,000	0,344

Bir sonraki adımda, Eşitlik (12) yardımıyla mutlak değerler tablosu oluşturulmuş ve bu değerler Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10

Mutlak Değerler Tablo (2019)

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆	K₇	K₈
A	0,071	0,026	0,642	0,638	0,090	0,643	0,049	0,085
K	0,836	0,940	1,000	-0,071	0,182	0,078	0,106	0,152
F	1,000	1,000	0,341	0,821	1,000	1,000	0,996	1,000
V	0,898	0,918	0,000	0,929	0,783	0,688	0,621	0,626
Z	0,767	0,864	0,663	0,826	0,000	0,534	-0,004	0,000
E	0,770	0,888	0,780	0,138	0,191	0,297	0,189	0,254

Daha sonra Eşitlik (13)’ten başlayarak gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulmuş ve sonuçlar Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11

Gri İlişkisel Katsayı Matris (2019)

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆	K₇	K₈
A	0,704	0,442	0,664	0,429	0,333	0,333	0,334	0,333
K	0,611	0,333	1,000	0,333	0,645	0,399	0,355	0,723
F	1,000	0,503	0,612	0,478	0,481	0,358	0,345	0,948
V	0,605	0,480	0,587	0,472	0,650	0,400	0,333	0,415
Z	0,893	1,000	0,427	1,000	1,000	0,399	0,341	1,000
E	0,333	0,492	0,333	0,771	0,409	1,000	1,000	0,433

GIA yönteminin son aşamasında, ilgili katılım bankalarının gri ilişki derecesi Eşitlik (15) yardımıyla hesaplanmış olup, bu değerler ile katılım bankalarının finansal performanslarına göre

sıralamaları Tablo 12’de özetlenmiştir.

Tablo 12

Gri Bağlantı Derecesi (2019)

	Γ0İ	Sıralama
A	0,443	6
K	0,559	4
F	0,595	2
V	0,496	5
Z	0,762	1
E	0,591	3

Tablo 10’da görüldüğü üzere, 2019 yılında incelenen katılım bankaları açısından en yüksek finansal performansa sahip katılım bankasının Ziraat Katılım olduğu görülmüştür. Bu bankaları sırasıyla Türkiye Finans ve Emlak Katılım takip etmektedir. GIA yöntemi sonuçlarına göre, ilgili katılım bankalarının 2019-2023 yılları arasındaki finansal performanslarının sıralaması ise Tablo 13’de özetlenmiştir.

Tablo 13

Finansal Performansa Göre Katılım Bankalarının Sıralaması 2019)

	2019	2020	2021	2022	2023
A	6	6	5	6	6
K	4	4	1	1	2
F	2	5	6	5	4
V	5	2	2	2	1
Z	1	1	4	4	3
E	3	3	3	3	5

Tablo 13’te sunulan bulgulara göre ilgili analiz döneminde bankaların sıralamalarının değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında finansal açıdan en başarılı olan katılım bankası Ziraat Katılım iken, 2021 ve 2022 yıllarında Kuveyt Türk, 2023 yılında ise Vakıf Katılım olmuştur. 2021 yılı hariç tüm yıllarda Albaraka Türk ise finansal başarı açısından en düşük performans sergileyen banka olmuştur. 2019 yılı hariç son dört yılda Vakıf Katılım ve 2023 yılı hariç Emlak Katılım ilk üçte yer almıştır. Üç kamu katılım bankası olan Ziraat Katılım, Vakıf Katılım ve Emlak Katılım’ın özel katılım bankalarına nazaran finansal performans açısından daha başarılı oldukları söylenebilir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ülke ekonomisi için büyük öneme sahip olan bankaların sektördeki rekabet nedeniyle kaynaklarını etkin ve verimli kullanmaları önem arz etmektedir. Bu nedenle bankaların performans değerlendirmeleri yapılmalı ve değerlendirme sonucunda gerekli önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda Türkiye’de faaliyette bulunan 6 katılım bankasının 2019-2023 yılları arasındaki finansal performanslarının ölçülerek analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ÇKKV yöntemlerinden olan SD (Standart Sapma) ve GIA (Gri İlişkisel Analiz) teknikleri kullanılarak bankaların finansal açıdan performansı değerlendirilmiştir. Seçilen kriterlerin ağırlıklandırılmasında SD yöntemi kullanılırken, bankaların başarı sıralamaları için GIA yöntemi kullanılmıştır.

Söz konusu dönemde katılım bankalarının finansal performansı üzerindeki en etkili değerlendirme ölçütü 2019’da “Net Dönem Kârı/ Toplam Aktif (ROA)” olmuştur. Bu ölçütün etkisinin fazla olması bankaların genel olarak aktiflerini verimli kullanmaya odaklanmasından kaynaklanabilmektedir. Yüksek ROA, etkin bir finansal yönetimin göstergesidir. Bu dönemde bankaların aktif büyüklüklerini arttırarak kâr elde etmeyi hedeflediklerini düşünebiliriz. Pandeminin yaşandığı 2020 ve 2021 yıllarında katılım bankalarının finansal performansı üzerindeki en az etkiye sahip değerlendirme ölçütü “Toplam Toplanan Fonlar/ Toplam Aktif” olmuştur. Pandemi süreci dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de bankacılık sektörünü önemli ölçüde etkilemiştir. Pandemiyle ekonomik belirsizlikler artarken bu durum bankalar için likidite yönetiminin önemini gündeme getirmiştir. “Toplam Toplanan Fonlar/ Toplam Aktif” oranı bankaların likidite pozisyonunu ve fon toplama kabiliyetini yansıtır. Bu dönemdeki belirsizlik ve ekonomik daralma bankaları müşterilerine fon sağlamak yerine toplamış oldukları fonları daha dikkatli bir şekilde yönetmeye ve likiditeyi ön planda tutmaya yönlendirmiştir. Pandemiden sonraki toparlanma dönemi olan 2022 ve 2023 yıllarındaki finansal performans üzerindeki etkisi en fazla olan değerlendirme ölçütü ise “Net Dönem Kârı/ Özkaynaklar (ROE)” olmuştur. Bu oran bankaların özkaynaklarını ne kadar verimli kullandığını gösteren bir ölçüttür. Pandemiden sonraki bu yıllarda özellikle ekonomik toparlanma sürecine girilmesi, bankaları, özkaynaklarını etkin şekilde kullanmaya teşvik etmiş olabilir.

Analiz sonuçlarına göre 2019 ve 2020 yıllarında finansal açıdan en başarılı olan katılım bankası Ziraat Katılım olmuştur. Türkiye'nin kamu sermayesiyle kurulan ilk katılım bankası olan Ziraat Katılım, aktif kalitesini sürdürebilmek ve geliştirebilmek amacıyla, büyüme stratejisini dikkatli bir şekilde belirlemiş ve risk yönetimi politikalarını titizlikle uygulamıştır. Bu yaklaşımın bir sonucu olarak, 2019 yılında bankanın takipteki alacaklar oranı sektör ortalamasının oldukça altında kalmıştır. 2019 yılında Ziraat Leasing’i bünyesine alarak hem operasyonel maliyetlerini düşürmeyi hem de verimini artırmayı hedeflemiştir. Banka, 2020 yılında toplanan fonlar yönetiminde kaynak maliyetini azaltarak kârlılığını artırmaya odaklanmış ve yüksek likidite düzeyi ile yüksek kârlılığa katkı sağlamıştır. 2021 ve 2022 yıllarında finansal açıdan en başarılı katılım bankası olan Kuveyt Türk 2020 yılına kıyasla 2021’deki toplanan fon büyüklüğünü %73,6 oranında arttırarak ilk sıraya yerleşmiştir. Banka, aynı yıl “Global Sürdürülebilir Tier 2 Sermaye Benzeri Sukuk İhracı” ile Türkiye’de ve dünyada bir ilki gerçekleştirmiştir. 2022 yılındaki %175’lik kâr payı gelirleri ile %461’lik net kârındaki artış bankayı ilk sıraya taşımıştır. 2023 yılında ise finansal açıdan en başarılı katılım bankası olan Vakıf Katılım, “Uzaktan Müşteri Edinimi” çerçevesinde tüzel müşterilere hesap açmaya başlayan ilk finans kurumu olmuştur. Yıllar itibarıyla incelenen dönemde performansını istikrarlı bir şekilde artırarak sıralamasını yükselten tek banka olan Vakıf Katılım, 2022 yılına kıyasla net kârını %70 arttırarak ve özkaynaklarını verimli kullanarak ilk sırada yerini almıştır. Bankanın takipteki alacak oranının diğer katılım bankalarına nazaran düşük olmasının 2023 yılındaki başarısına katkı sağladığı düşünülmektedir.

2021 yılı hariç tüm yıllarda Albaraka Türk ise finansal başarı açısından en düşük performans sergileyen banka olmuştur. 2019 yılı hariç son dört yılda Vakıf Katılım ve 2023 yılı hariç Emlak Katılım ilk üçte yer almıştır. Sonuç olarak, 2014 yılından sonra sektöre hızla giren kamu katılım bankalarının özellikle Albaraka Türk bağlamında dengeleri değiştirdiği söylenebilir. Çalışmada analiz edilen bulgular diğer birçok çalışmayla (Gündoğdu, 2018; Özer ve Saygın, 2020; Öner, 2022; Akbulut, 2023; Koçyiğit, 2024; Yerlikaya ve Uysal, 2024; Coşkun ve Rençber 2024) uyumludur.

Çalışmada performans analizi için yalnızca 8 kriterin kullanılması, dönemin 2019-2023 ile sınırlandırılması, yalnızca iki yöntemin kullanılması birer kısıt olarak düşünülebilir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda bu kısıtlamaların dikkate alınması literatüre derinlik kazandırabilir.

Yazar Katkıları

Araştırma Tasarımı (CRediT 1) Yazar 1 (%50)- Yazar 3 (%50)

Veri Toplama (CRediT 2) Yazar 1 (%100)

Araştırma- Veri analizi- Doğrulama (CRediT 3- 4- 6- 11) Yazar 2 (%100)

Makalenin Yazımı (CRediT 12- 13) Yazar 1 (%50)- Yazar 2 (%50)

Metnin Tashihi ve Geliştirilmesi (CRediT 14) Yazar 1 (%40)- Yazar 2 (%40)- Yazar 3 (%20)

Finansman

Bu çalışma için herhangi bir finansman sağlanmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu makale ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur.

REFERANSLAR

- Ak, Ö. K., Babuşcu, Ş., & Hazar, A. (2021). Bist banka endeksinde yer alan mevduat bankalarının finansal performanslarının Copras yöntemiyle değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 280-305.
- Ak, Ö. K., Hazar, A., & Babuşcu, Ş. (2024). Türki cumhuriyetlerin banka finansal performanslarının analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(1), 51-68.
- Akbulut, O. Y. (2023). Evaluation of financial performance of participation banks operating in Turkey with CRITIC based Copras method. *International Journal of Current Social Science*, 2(1), 15-24.
- Alsü, E., Taşdemir, A., & Kallo, Z. (2018). Katılım bankalarının performanslarının değerlendirilmesi: TOPSIS yöntemi ile uluslararası karşılaştırma. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 17(1), 303-316.
- Asker, V. (2024). COVID-19 salgınının katılım bankacılığı sektörüne etkisi: Merce temelli Cradis uygulaması. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(3), 144-166.
- Asutay, M. (2013). The development of Islamic banking in Turkey: Regulation, performance and political economy. In *Islamic finance in Europe* (pp. 213-227). Edward Elgar Publishing.
- Ayçin, E., & Çakın, E. (2019). Ülkelerin inovasyon performanslarının ölçümünde Entropi ve Mabac çok kriterli karar verme yöntemlerinin bütünsel olarak kullanılması. *Journal of Akdeniz İİBF*, 19 (2), 326-351.
- Ayrıçay, Y., Özçalıcı, M., & Bolat, İ. (2017). Katılım bankalarının performanslarının AHP ve GIA tekniklerinden oluşan bütünsel bir sistem ile değerlendirilmesi: Türkiye örneği. *Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies*, 4(2), 54-69.
- Aysan, A. F., Disli, M., Ng, A., & Ozturk, H. (2016). Is small the new big? Islamic banking for SMEs in Turkey. *Economic Modelling*, 54, 187-194.
- Baydaş, M., Eren, T., & İyibildiren, M. (2023). Normalization technique selection for MCDM Methods: A flexible and conjunctural solution that can adapt to changes in financial data types. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 5(Özel Sayı), 148-164.
- Bayram, E., Gözkonan, Ü. H., Yıldız, S. B., & El Khamlichi, A. (2023). A hybrid approach to financial solvency: a comparison of conventional and Islamic banking in Turkey. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(28), 603-623.
- Bilgin, M. H., Danisman, G. O., Demir, E., & Tarazi, A. (2021). Economic uncertainty and bank stability: Conventional vs. Islamic banking. *Journal of Financial Stability*, 56, 100911.
- Bulut, E., & Şimşek, A. İ. (2024). Evaluation of Financial Performance of BIST Participation Banks: CAMELS and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approach. *Alanya Akademik Bakış*, 8(3), 923-940.
- Chang, C.P. (2006). Managing business attributes and performance for commercial banks. *The Journal of American Academy of Business*, 9(1), 104-109.
- Coşkun, A., & Rençber, Ö. F. (2024). Determination of performance ranking of participation banks with CIRITIC-based TOPSIS method. *Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 57-70.

- Çilek, A., & Karavardar, A. (2020). Türkiye’de katılım bankalarının finansal performansının analizi. *Maliye ve Finans Yazıları*, (113), 99-118.
- Dağlı, S., & Kuvvetli, B. İ. (2023). Farklı kriter ağırlıklandırma teknikleri ve Cocoso yöntemi ile katılım bankalarının performans değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(4), 917-931.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22 (7), 763-770.
- Dogan, M. (2015). Comparison of financial performance of participation banks in Turkey. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 2(4).
- Ecer, F., & Günay, F. (2014). Borsa İstanbul’da işlem gören turizm şirketlerinin finansal performanslarının gri ilişkisel analiz yöntemiyle ölçülmesi. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 25 (1), 35-48.
- Elma, O. E. (2023). Prioritizing wholesale companies based on their financial performance: A multi-criteria decision analysis (MCDA) approach. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 5(Özel Sayı), 1-14.
- Esmer, Y., & Bağcı, H. (2016). Katılım bankalarında finansal performans analizi: Türkiye örneği. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Social Science Institute*, 8(15).
- Galdeano, D.M., Ahmer, U., Fati, M., Rehan, R., & Ahmed, A. (2019). Financial performance and corporate social responsibility in the banking sector of bahrain: can engagement moderate?. *Management Science Letters* 9, 1529–1542.
- Gündoğdu, A. (2018). Türkiye’de katılım bankalarının finansal performansının gri ilişki analizi ile ölçülmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 201-214.
- Hamamcı, H. N., & Karkacier, A. (2022). Evaluation of financial performance of participation banks in Turkey and GCC with TOPSIS method. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 8(1), 55-78.
- Hardy, L. (2012). The evolution of participation banking in Turkey. *Al Nakhlah Online Journal of Southwest Asia and Islamic Civilization*.
- Ho, C.T., & Wu, Y.S. (2006). Benchmarking performance indicators for banks benchmarking. *An International Journal*, 13(1/2), 147-159.
- <https://tkbb.org.tr>. Erişim tarihi: 14.12.2024.
- Kandemir, T., & Karataş, H. (2016). Ticari bankaların finansal performanslarının çok kriterli karar verme yöntemleri ile incelenmesi: Borsa İstanbul’da işlem gören bankalar üzerine bir uygulama (2004-2014). *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 5(7), 1766-1776.
- Koçyiğit, M. M. (2024). Katılım bankalarının finansal etkinlik analizi. *Social Sciences Studies Journal (SSSJJournal)*, 10(4), 546-552.
- Lin, X., & Zhang, Y. (2009). Bank ownership reform and bank performance in China. *Journal of Banking & Finance*, 33(1), 20–29.
- Öğüt, A., & Tarhan, S. (2022). Kobi’lerde kurumsallaşmanın firma performansı üzerindeki etkisi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 4(2), 157-172.
- Öner, M. H. (2022). Covid-19’un katılım bankalarının finansal performansı üzerine etkisi: TOPSIS yöntemi ile bir uygulama. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 17(3).

- Özer, K., & Saygın, O. (2022). Katılım bankacılığının finansal performans analizi: Türkiye uygulaması. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 257-273.
- Salur, M. N., & Cihan, Y. (2020). Comparison of financial performances of banks by multi criteria decision making methods: The case of Turkey. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, 19, 41-49.
- Santoso, A. L., & Santasyacitta, I. G. (2020). Ownership structure and financial performance of islamic bank in Indonesia. *International Journal of Islamic Economics & Business Management in Emerging Market (IJIEBMEM)*, 1(1), 47-62.
- Savaşan, F., Saraç, M., & Gürdal, T. (2013). Exploring the demand side issues in participation banking in Turkey: Questionnaire survey on current issues and proposed solutions. *Afro Eurasian Studies*, 2(1-2), 111-125.
- Şişman, B., & Doğan, M. (2016). Türk bankalarının finansal performanslarının Bulanık AHP ve Bulanık Moora yöntemler ile değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi, Celal Bayar Üniversitesi, İ.İ.B.F.*, 23(2), 353-371.
- Tetik, N., & Şahin, A. (2020). Katılım bankalarının finansal performans analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(2), 293-314.
- Tezergil, S.A. (2016). Vikor yöntemi ile Türk bankacılık sektörünün performans analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 357-373.
- Topak, M.S., & Çanakçıoğlu, M. (2019). Banka performansının Entropi ve Copras yöntemi ile değerlendirilmesi: Türk bankacılık sektörü üzerine bir araştırma. *İSMMMÖ- Mali Çözüm Dergisi*, 29(154), 107- 132.
- Uludağ, A. H. D., & Doğan, H. (2021). Üretim yönetiminde çok kriterli karar verme yöntemleri. Literatür, teori ve uygulama. *Nobel Akademik Yayıncılık*, Ankara.
- Warde, I. (2010). Islamic finance in the global economy. *Edinburgh University Press*.
- Yağlı, İ. (2020). Multi-criteria financial performance analysis of Turkish participation banks. *Alanya Akademik Bakış*, 4(3), 861-873.
- Yalçiner, D., & Karaatlı, M. (2018). Mevduat bankası seçim sürecinde Topsis ve Electre yöntemlerinin kullanılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(2), 401- 423.
- Yayar, R., & Baykara, H. V. (2012). TOPSIS yöntemi ile katılım bankalarının etkinliği ve verimliliği üzerine bir uygulama. *Business and Economics Research Journal*, 3(4), 21-42.
- Yerlikaya, A., & Uysal, B. (2024). Katılım bankacılığında finansal performans: Türkiye örneği. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*, (13), 138-148.
- Yurttadur, M., & Demirbaş, H. (2017). Türkiye’de bulunan katılım bankaları ve özel sermayeli mevduat bankalarının finansal performanslarının karşılaştırılması. *İGÜ Sos. Bil. Dergisi*, 4(2), 89- 117.

EXTENDED ABSTRACT

Participation banks, which were established to bring the idle funds accumulated in the hands of those who do not prefer conventional banks due to interest sensitivity, into the economy, also help savers to store and evaluate their funds safely. Analysis of the performance of businesses is important in terms of revealing the accuracy of the strategies implemented by businesses to achieve their goals and showing the extent to which these strategies carry the business in question to its goals. Analysis of the financial performance of participation banks, whose share has been increasing day by day with the regulations and inspections made, is one of the effective methods of informing those interested about the status of banks. Measuring the performance of banks, which are important institutions in the finance sector, allows evaluations and decisions on issues such as measuring the satisfaction level of their customers, making comparisons with themselves and their competitors, and determining whether they are successful for their shareholders to be addressed with real data instead of assumptions. Although there are many studies analyzing the financial performance of conventional banks with Multi-Criteria Decision Making techniques for banks in both domestic and foreign banking sectors, this number is less due to the increase in importance of participation banks since the mid-2000s. The aim of the study is to contribute to academics, stakeholders, managers and depositors by analyzing the performance of participation banks with current data and different financial ratios.

In this study, the financial performances of 6 participation banks operating in the Turkish Banking Sector between 2019 and 2023 were compared using SD (Standard Deviation) and GIA (Gray Relational Analysis) Methods. In the study, 8 ratios were used: Total Equity/Total Assets, Total Loans/Total Assets, Total Funds Collected /Total Assets, Total Loans/Total Funds Collected, Net Income/Total Assets (ROA), Net Income/Total Equity (ROE), Equity/ (Credit + Market + Amount Based on Operational Risk), Net Profit Share Income/Total Assets. The data for these ratios were obtained from the official websites of the Participation Banks Association of Türkiye and the activity reports and independent audit reports of participation banks. While the SD method was used in weighting the selected criteria, the GIA method was used for the success rankings of the banks.

In the periods covered by the analysis, the evaluation criterion that had the greatest impact on the financial performance of participation banks was “Net Income/Total Assets (ROA)” in 2019, while in 2020 and 2021, when the pandemic occurred, this criterion was “Total Funds Collected/Total Assets”. The evaluation criterion that had the greatest impact on financial performance in 2022 and 2023, the recovery period after the pandemic, was “Net Income/Total Equity (ROE)”. On the other hand, it is seen that the evaluation criterion that has the least impact on the performance of participation banks varies by year. According to the findings, it has been determined that the rankings of the banks varied in the relevant analysis period. While Ziraat Katılım was the most successful participation bank in financial terms in 2019 and 2020, it was Kuveyt Türk in 2021 and 2022, and Vakıf Katılım in 2023. Albaraka Türk has been the bank with the lowest performance in terms of financial success in all years except 2021. Vakıf Katılım has been in the top three in the last four years except 2019 and Emlak Katılım has been in the top three except 2023.

According to the analysis results, Ziraat Katılım was the most financially successful participation bank in 2019 and 2020. Ziraat Katılım, the first participation bank established with public capital in Türkiye, adopted a growth strategy that aims to protect and improve its asset quality, and the bank implemented its risk management policies without compromise in 2019, and its non-performing receivables ratio was well below the sector average. By acquiring Ziraat Leasing in 2019, it aimed to both reduce its operational costs and increase its efficiency. In 2020, the bank focused on increasing its profitability by reducing its resource cost in the management of collected funds and contributed to high profitability with its high liquidity level. Kuveyt Türk, the most financially successful participation bank in 2021 and 2022, ranked first by increasing its collected funds by 73.6% in 2021 compared to 2020. The bank broke new ground in the field of sukuk in the same year, and for the first time in Türkiye and the world, it issued the “Global Sustainable Tier2 Equity-Like Sukuk Issuance”. The 175% profit share income and 461% increase in net profit in 2022 brought the bank to the first place. In 2023, Vakıf Katılım, the most successful participation bank in financial terms, became the first financial institution to open accounts for corporate customers within the scope of “Remote Customer Acquisition”. Vakıf Katılım, the only bank that increased its ranking by steadily increasing its performance in the period examined by years, took its place in the first place by efficiently using its equity capital, which increased its net profit by 70% compared to 2022. It is thought that the fact that the bank’s non-performing receivables ratio is low compared to other participation banks contributed to its success in 2023. Albaraka Türk was the bank with the lowest performance in terms of financial success in all years except

2021. In the last four years, except for 2019, Vakıf Katılım and except for 2023, Emlak Katılım were in the top three.

As a result, it is important for banks, which are of great importance for the country's economy, to use their resources effectively and efficiently due to competition in the sector. Therefore, performance evaluations of banks should be made and necessary measures should be taken as a result of the evaluation.

The use of only 8 criteria for performance analysis in the study, the limitation of the period to 2019-2023, and the use of only two methods can be considered as limitations. Considering these limitations in future studies can add depth to the literature.

Diabetic Retinopathy and Glaucoma Diagnosis with CNN-Based Approach and User Interface for Morphological Analysis of Risky Regions in Fundus Images

Saim ERVURAL^{1*} Emre ERGÜLER² Mehmet Akif TOKEL²

¹ KTO Karatay University, Faculty of Engineering and Natural Sciences,
Electrical, Electronics Engineering Department, Konya, Türkiye

² KTO Karatay University, Konya, Türkiye

Article Info

Received: 13.11.2024

Accepted: 04.06.2025

Published: 30.06.2025

Keywords:

Diabetic retinopathy,
optic disc,
machine learning,
image processing.

ABSTRACT

Early diagnosis and effective monitoring of diabetic retinopathy and glaucoma are essential for preventing vision loss and improving patient outcomes. These conditions, if detected early, can be managed effectively, reducing the burden on healthcare systems and improving quality of life for patients. This study presents the development of a user-friendly software interface designed to assist healthcare professionals in diagnosing these conditions more efficiently. We developed a custom 11-layer Convolutional Neural Network (CNN) architecture, beginning with a rescaling layer and incorporating data augmentation techniques. The primary architecture consists of three convolutional layers containing 16, 32, and 64 filters, respectively, each followed by max pooling layers. A dropout layer with a 0.7 rate was incorporated to reduce the risk of overfitting. The network also features a flattening layer, a dense layer with 128 neurons for feature extraction, and an output layer tailored to the number of classes. For glaucoma detection, a specialized preprocessing step focusing on the optic disc reduced validation loss by approximately 20%. Additionally, a manual zooming feature was developed to enhance diagnostic accuracy in complex glaucoma cases. The algorithms for diabetic retinopathy were meticulously designed to identify and highlight pathological areas, such as edema and hemorrhage. This approach facilitates precise visualization of vascular structures and significantly enhances the model's capability to provide accurate and timely diagnoses. The architecture that emerged upon conclusion of the study demonstrated an accuracy of 98% for diabetic retinopathy and 85% for glaucoma. This study highlights the potential of advanced deep learning combined with practical tools to improve diagnostics, offering clinicians a reliable system to enhance patient outcomes.

Fundus Görüntülerinde Riskli Bölgelerin Morfolojik Analizi için CNN Tabanlı Yaklaşım ve Kullanıcı Arayüzü ile Diabetik Retinopati ve Glokom Teşhisi

Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 13.11.2024

Kabul Tarihi: 04.06.2025

Yayın Tarihi: 30.06.2025

Anahtar Kelimeler:

Diabetik retinopati,
optik disk,
makine öğrenimi,
görüntü işleme.

ÖZET

Diabetik retinopati ve glokomun erken teşhisi ve etkili yönetimi, görme kaybının önlenmesi ve hasta sonuçlarının iyileştirilmesi için çok önemlidir. Bu rahatsızlıklar erken teşhis edildikleri takdirde etkili bir şekilde yönetilebilir, sağlık sistemlerinin yükü azaltılabilir ve hastaların yaşam kalitesi iyileştirilebilir. Bu çalışma, sağlık profesyonellerine bu hastalıkların teşhisinde daha verimli destek sağlamak üzere geliştirilen kullanıcı dostu bir yazılım arayüzünü tanıtmaktadır. Çalışmada, 11 katmanlı özel bir Konvolüsyonel Sinir Ağı (KSA) mimarisi tasarlanmıştır; bu yapı, bir yeniden ölçekleme katmanıyla başlayarak veri artırma tekniklerini içermektedir. Temel yapı, sırasıyla 16, 32 ve 64 filtre içeren üç konvolüsyon katmanı ve bunları takip eden maksimum havuzlama katmanlarından oluşurken, aşırı öğrenmeyi önlemek için %0.7 oranında bir dropout katmanı eklenmiştir. Ayrıca ağda, özellik çıkarımı için 128 nöronlu bir yoğun katman ve sınıf sayısına göre uyarlanmış bir çıktı katmanı da bulunmaktadır. Glokom tespiti için optik disk üzerine odaklanan özel bir ön işleme adımı doğrulama kaybını yaklaşık %20 oranında azaltmış, karmaşık glokom vakalarında tanısal doğruluğu artırmak için manuel bir yakınlaştırma özelliği geliştirilmiştir. Diabetik retinopati için ise, ödem ve kanama gibi patolojik alanları tanımlayıp vurgulayan özel algoritmalar tasarlanmış; böylece damar yapılarının hassas bir şekilde görselleştirilmesi sağlanarak modelin doğru ve zamanında teşhis sağlama kapasitesi önemli ölçüde artırılmıştır. Sonuç olarak ortaya çıkan mimari, diabetik retinopati için %98, glokom için ise %85 doğruluk oranına ulaşmıştır. Bu çalışma, tanılamayı iyileştirmek için pratik araçlarla bir araya getirilen gelişmiş derin öğrenmenin potansiyelini vurgulamakta ve klinisyenlere hasta sonuçlarını iyileştirmek için güvenilir bir sistem sunmaktadır.

To cite this article:

Ervural, S., Ergüler, E., & Tokel, M. A. (2025). Diabetic Retinopathy and glaucoma diagnosis with CNN-based approach and user interface for morphological analysis of risky regions in fundus images. *Fivezero*, 5(1), 22-44. <https://doi.org/10.54486/fivezero.2024.43>

*Sorumlu Yazar: Saim ERVURAL, saim.ervural@karatay.edu.tr



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

INTRODUCTION

Diabetic retinopathy and glaucoma are common ocular conditions with significant implications for vision. Diabetic retinopathy is a consequence of prolonged hyperglycemia, which results in damage to the retina in individuals with diabetes. Glaucoma, on the other hand, involves the gradual degeneration of the optic nerve, leading to a progressive loss of visual field. This article discusses the core characteristics of these diseases and investigates the capability of Convolutional Neural Networks (CNNs) in their diagnostic processes, aiming to improve detection and management through advanced image analysis.

Diabetic Retinopathy Complication

Diabetes is an endocrine disorder that disrupts glucose metabolism. Under normal physiological conditions, beta cells within the pancreatic islets of Langerhans secrete insulin to regulate glucose levels. Insulin aids in glucose absorption by peripheral tissues and encourages glycogen production in the liver, helping to keep blood glucose levels within a stable range (American Diabetes Association, 2020a; American Diabetes Association, 2020b). While diabetes encompasses several types, focusing on type 1 and type 2 diabetes is particularly pertinent. These types are among the most prevalent causes of diabetic retinopathy and have been widely researched in literature.

Type 1 diabetes is marked by the autoimmune attack on pancreatic beta cells, leading to the complete stop of insulin production. Consequently, individuals that have type 1 diabetes need external insulin therapy (International Diabetes Federation, 2019). Type 2 diabetes, by contrast, is often linked to insulin resistance and impaired function of beta cells. (Centers for Disease Control and Prevention, 2021). Contributing factors include obesity, genetic predisposition, age, and lifestyle (Hu, 2011; McCarthy, 2004; Huang, 2011). Management of type 2 diabetes may involve lifestyle modifications, oral antidiabetic medications, and, if necessary, insulin injections (Centers for Disease Control and Prevention, 2021).

Diabetes manifests with various symptoms, including persistent thirst, frequent urination, fatigue, blurred vision, and slow-healing wounds. If left uncontrolled, severe problems include cardiovascular disease, renal impairment, visual loss, neuropathy, and even limb amputation can result from diabetes. (American Diabetes Association, 2020; World Health Organization, 2016).

Diabetic retinopathy is a prevalent and severe complication impacting vision in diabetic patients. Its pathophysiology involves metabolic disturbances induced by diabetes, which can lead to narrowing, leakage, and even hemorrhage of the retinal blood vessels (Cheung et al., 2016; Antonetti et al., 2006). Treatment strategies for diabetic retinopathy encompass comprehensive diabetes management, pharmacological therapies, laser treatment, and surgical interventions (Yoon et al., 2016). Approximately 40% of individuals with diabetes are expected to develop diabetic retinopathy, highlighting the significant risk of vision loss associated with this condition (Wong et al., 2016). The extent of diabetic retinopathy is strongly correlated with an increased risk of vision loss and blindness, especially in its advanced stages, underscoring the necessity for early detection and effective treatment (Wong et al., 2016; Yau et al., 2012). Globally, the prevalence of diabetic retinopathy aligns with the prevalence of diabetes but varies based on racial and geographical factors. Research indicates that Hispanic and Black Americans face higher risks compared to White Americans in the United States, with similar patterns observed in Asian populations (Wong et al., 2016; Zhang et al., 2010). Additionally, there are disparities in diabetic retinopathy prevalence between countries, with developed nations typically experiencing lower rates of blindness due to effective early diagnosis and treatment services. In contrast, developing countries, where diabetes prevalence is on the rise, tend to report higher rates of blindness (Cheung et al., 2010).

Diabetic retinopathy is primarily classified into two types: Proliferative Diabetic Retinopathy (PDR) and Non-Proliferative Diabetic Retinopathy (NPDR). NPDR indicates the initial stages of the condition, while PDR signifies its advanced stages (Yau et al., 2012). NPDR is additionally divided into moderate, mild, and severe stages, each characterized by increasing severity of microaneurysms, hemorrhages, exudates, and vascular abnormalities observed in fundus images. PDR involves neovascularization and minimal fibrous tissue proliferation in addition to the signs of NPDR (Cheung et al., 2010). Fundus imaging is commonly utilized to detect and evaluate signs of diabetic retinopathy, including microaneurysms, retinal hemorrhages, small vessel changes, and hemorrhagic exudates. Microaneurysms are indicative of early disease stages, while retinal hemorrhages and hemorrhagic exudates are frequently observed in advanced stages, potentially leading to significant vision impairment. Small vessel changes can be detected early, reflecting disease progression. These findings are crucial for diabetic retinopathy diagnosis and treatment using fundus imaging (Bressler et al., 2003; Wilkinson et al., 2003; Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group et al., 1991; Klein et al., 1984; Bresnick et al., 1984).

Advancements in medical technology and healthcare services have markedly improved diabetic retinopathy diagnosis and treatment. In the early 1980s, awareness and understanding of diabetic retinopathy began to expand (Aiello, 2003). During this period, detection primarily relied on eye examinations and fundus imaging, with treatment options limited to managing advanced hemorrhages (Klein et al., 1980). The early 2000s saw a pivotal shift with the widespread adoption of digital imaging technology. Digital fundus cameras and retinal scanning devices facilitated earlier detection and monitoring of diabetic retinopathy (Hee et al., 1995).

Glaucoma Complication

Glaucoma is a prevalent ocular disease that can result in optic nerve damage and potential vision loss. It is often linked to increased intraocular pressure (IOP); however, certain forms of glaucoma may occur with normal IOP levels. Glaucoma is a leading cause of avoidable blindness worldwide and can manifest in a variety of clinical ways (Tham et al., 2014; Quigley et al., 2006).

One of the common kinds of glaucoma, open-angle glaucoma generally progresses gradually. This condition is characterized by a dysfunction in the drainage of aqueous humor despite the absence of an obstruction in the eye's drainage channels, leading to increased intraocular pressure (Weinreb et al., 2014; Heijl et al., 2002). Angle-closure glaucoma, in contrast, is less common and typically presents abruptly with symptoms such as sudden eye pain, blurred vision, and redness. It is caused by the angle between the cornea and iris narrowing, leading to a complete blockage of the drainage channels (Foster et al., 2002). Several risk factors contribute to the development of glaucoma, including advanced age, genetic predisposition, elevated intraocular pressure, diabetes, hypertension, and myopia (Leske et al., 1995; Tielsch et al., 1991). People who have a family history of glaucoma are especially at risk. Moreover, glaucoma is more common in certain ethnic groups, including African Americans, Asians, and Hispanics (Racette et al., 2003; Varma et al., 2004). Glaucoma often progresses asymptotically, and vision loss may be subtle and go unnoticed until the disease has advanced significantly. Consequently, regular eye examinations are essential to detect glaucoma early. Diagnostic methods include tonometry (measurement of intraocular pressure), ophthalmoscopy (examination of the optic nerve), visual field tests, sophisticated imaging methods like OCT (Optical Coherence Tomography) (Kass et al., 2002; Schuman et al., 1995).

The primary objective of glaucoma treatment is to lower intraocular pressure (IOP) through various methods. Pharmacological therapy involves the use of eye drops to manage IOP. Several classes of medications are available, including prostaglandin analogs, carbonic anhydrase inhibitors, alpha

agonists and beta-blockers (European Glaucoma Society, 2017; Heijl et al., 2002). In cases where medication is insufficient, surgical interventions such as laser trabeculoplasty, trabeculectomy, and the use of drainage implants are employed. These procedures aim to enhance the drainage of aqueous humor or reduce its production to achieve a reduction in intraocular pressure (Jay et al., 1988; Gedde et al., 2012).

Key indicators of glaucoma visible in fundus images include thinning of the retinal nervous fiber layer (RNFL), alterations in the optic disc and transformations in the peripapillary region (Quigley et al., 2006; Weinreb et al., 2014). The optic disc is a critical area where glaucoma manifests most noticeably. Cupping of the optic disc, characterized by an increased cup-disc ratio, is commonly observed in glaucoma-affected eyes. As the disease progresses, the ratio between the central depression (cup) and the disc's edge enlarges, signifying a loss of optic nerve fibers (Heijl et al., 2002; Caprioli et al., 2011). Notching at the optic disc margin and displacement of vessels at the disc edge are also indicative of glaucoma (Jonas et al., 1999).

Thinning of the RNFL is a significant diagnostic feature that can be detected even when glaucoma is only getting started. The RNFL, composed of nerve fibers forming the optic nerve, becomes thinner as these fibers are damaged. In fundus images, RNFL thinning is particularly evident around the optic disc. Advanced imaging techniques such as Optical Coherence Tomography (OCT) are utilized to measure RNFL thickness accurately and assess the progression of glaucoma (Schuman et al., 1995; Leung et al., 2010). Glaucoma can also lead to a variety of alterations in the peripapillary area surrounding the optic disc. Peripapillary atrophy, marked by thinning of the choroid and retinal pigment epithelium, is often more pronounced in glaucomatous eyes. In fundus images, peripapillary atrophy is represented as lighter areas surrounding the optic disc (Jonas et al., 1996; Hood et al., 2007).

Diabetic Retinopathy Diagnosis using Fundus Images

Diabetic retinopathy manifests several distinctive signs in fundus images, which are crucial for the management of the condition. These signs include microvascular changes, retinal vascular occlusions, vessel dilations (aneurysms), vessel leaks and exudates, dot hemorrhages, microaneurysms, and optic disc edema (Michaelides et al., 2007; Bandello et al., 2016; Yau et al., 2012).

Microvascular changes: Diabetic retinopathy is characterized by microvascular alterations in retinal vessels. These changes often present as narrowing, dilation, twisting, or a spiral appearance in the vessels. Fundus images reveal these abnormalities as deviations from normal vessel appearance, with microvascular irregularities noted in specific retinal regions.

Retinal vascular occlusions: Occlusions in retinal vessels can occur during diabetic retinopathy, disrupting normal blood flow. Such blockages lead to reduced blood supply in certain areas of the retina. In fundus images, these occlusions are visible as distinct blockages where the vessels appear widened, indicating compromised retinal nutrition.

Vessel dilations (aneurysms): Diabetic retinopathy can cause abnormal dilations of retinal vessel walls due to weakening. These dilations, visible in fundus images, appear as swollen and irregularly shaped vessels.

Vessel leaks and exudates: As the disease progresses, damage to retinal vessels can result in leakage. This leakage leads to fluid accumulation beneath the retina, appearing in fundus images as exudates. Exudates often manifest as yellowish spots or patches on the retina.

These visual signs provide critical diagnostic information and are integral to the effective treatment of diabetic retinopathy (Michaelides et al., 2007; Bandello et al., 2016; Yau et al., 2012).

Diagnosis of Glaucoma in Fundus Images

Glaucoma is a chronic eye condition marked by damage to the optic nerve, frequently linked to elevated intraocular pressure. Fundus imaging is a key tool for monitoring the progression of glaucoma.

Optic nerve atrophy: Glaucoma can lead to degenerative changes at the optic nerve head, observable in fundus images such as pallor, cupping, and signs of optic disc atrophy. Optic nerve atrophy is frequently seen in the advanced stages of glaucoma and may indicate disease progression.

Optic nerve head cupping: Glaucoma can cause a concave shape at the optic nerve. This condition is visualized in fundus images as a loss of the normal optic disc structure or a concave appearance of the optic nerve head. Cupping of the optical nerve head can reflect the severity of glaucoma progression and optic nerve damage.

Retinal vascular changes: Glaucoma can induce alterations in retinal blood vessels. In fundus images, these changes may present as arteriolar narrowing, venous dilation, and twisting of retinal vessels. Such modifications can affect retinal circulation and indicate disease progression.

These results are essential for glaucoma diagnosis and therapy since they show the disease's distinctive symptoms in fundus images. The signs observed in fundus images play an essential role in assessing disease progression and evaluating the response to treatment (Heijl et al., 2002; Johnson et al., 2006; Werner et al., 2007).

MATERIAL AND METHODS

This section details the methodology of the research, outlining the materials used and presenting the structure and fundamental approach.

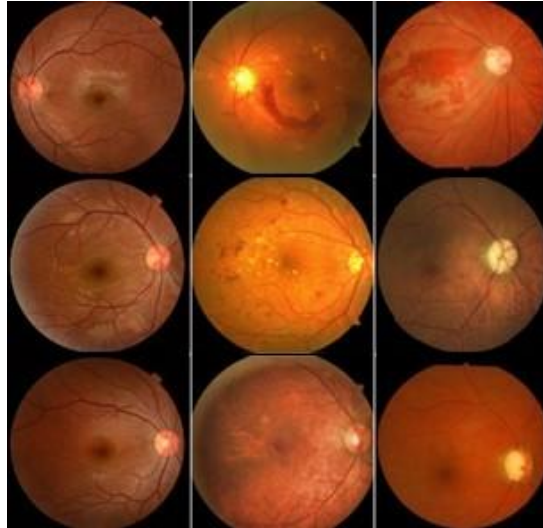
Data Collection and Annotation

Data for this study was gathered from public databases and several ophthalmology clinics. The initial collection consists of 1,000 fundus images spanning 39 categories, sourced by the Joint Shantou International Eye Center (JSIEC). These images are a subset of a more extensive collection containing 209,494 fundus images, which were used for training, validation, and testing within our DL model (Cen et al., 2021). Additionally, a second collection features approximately 1,000 retinal images per category, including Normal, Diabetic Retinopathy, Cataract, and Glaucoma cases. These images were sourced from repositories such as IDRiD (Indian Diabetic Retinopathy Image Dataset), Ocular Recognition, and HRF (Doddi, n.d.).

Copyright for these images is held by JSIEC. This collection will be employed to develop and evaluate ML algorithms designed for the early diagnosis and classification of eye diseases, including glaucoma and diabetic retinopathy. Healthy fundus images will serve as reference data to establish normative values and enhance model accuracy. The diversity and breadth of these collections enhance the model's ability to generalize and perform effectively across varied populations. This study aims to significantly advance the diagnosis and classification of glaucoma and diabetic retinopathy using fundus images.

Figure 1

The left column shows examples of fundus images from the dataset diagnosed as healthy, the middle column displays examples of fundus images diagnosed with diabetic retinopathy, and the right column presents examples of fundus images diagnosed with glaucoma.



The glaucoma category includes 891 images depicting structural changes such as an increased cup-disc ratio at the optic nerve head, neural retinal rim thinning, and peripapillary atrophy. The diabetic retinopathy category comprises 737 images displaying signs like hard exudates, soft exudates (cotton wool spots), microaneurysms, retinal hemorrhages, and neovascularization, representing various stages of the disease. The healthy fundus images total 916, sourced from individuals without any eye diseases, and are used for normative comparisons.

Table 1

The dataset distribution is illustrated in both percentage and numerical formats based on the categories of fundus images.

Fundus Image Categories	Evaluation Metrics	
	Number of Images	Percent
Diabetic Retinopathy	737	28.96%
Glaucoma	891	35.02%
Healthy	916	36.02%
Total	2557	100%

Deep Learning Algorithm (CNN)

Deep learning involves learning from large datasets through multi-layered artificial neural networks. These models excel in extracting features from data and learning complex relationships. The success of deep learning, particularly with structured data such as images and audio, is attributed to the models' ability to effectively learn complex data relationships when trained on extensive datasets with substantial computational power. CNNs are a type of DL model designed to work efficiently with image data. Each component is crucial for enabling the model to learn features from input data and make accurate inferences.

Convolutional layers perform convolution operations on inputs, extracting feature maps through various filters. These layers identify basic features in images like textures, corners and edges, passing these features to subsequent layers to recognize more complex structures. Filters are trained to detect specific patterns or features, and the output of each filter generates a feature map representing particular aspects of the input image. Pooling layers reduce the dimensions of feature maps and decrease computational load. Max pooling is the most widely used pooling technique, in which the highest value within a defined area is chosen as the representative value for that region. Pooling enhances the model's robustness to spatial variations and reduces computational costs, thereby shortening the training time.

Fully connected layers execute final classification or regression tasks using flattened feature maps. Similar to layers in traditional artificial neural networks, fully connected layers establish connections between all input and output units. These layers integrate the features learned by the model to make final decisions, with the output layer typically generating probability values for specific classes. By integrating these components, CNNs learn hierarchical structures, from low-level features to high-level, within images. This ability allows CNNs to excel in image classification and object detection tasks. The architecture of CNNs facilitates the understanding and interpretation of complex visual data through the careful arrangement and optimization of various layers.

The following provides a comprehensive explanation of each layer within the model and its role in the overall architecture. The model begins with a Rescaling layer. This layer normalizes the pixel values of the input images to a range of 0 to 1. Normalization aids in accelerating the model's learning and producing more stable results. Following the Rescaling layer, a data augmentation layer is applied. Data augmentation entails implementing different transformations on the input images to enhance model generalization. In this model, augmentation techniques include horizontal and vertical flipping, as well as rotations up to 0.2 degrees. These techniques help mitigate overfitting, thereby improving its robustness and generalization capabilities.

The model comprises three convolutional layers. The first convolutional layer employs 16 filters to extract low-level features from the image. The number of filters increases to 32 in the second convolutional layer and 64 in the third layer, allowing the model to capture more complex features. Each convolutional layer utilizes a 3x3 kernel and padding='same', which maintains of the input image's spatial dimensions. The ReLU is applied in these layers to introduce non-linearity, enabling the to learn complex patterns. Subsequent to each convolutional layer is a max pooling layer. This layer decreases the spatial dimensions, to lower the computational load and emphasize the most crucial features. Max pooling picks the maximum value from each patch of the feature map, thus retaining the most prominent features while reducing dimensionality. This approach enhances the model's efficiency and reduces susceptibility to overfitting. After the third convolutional layer, dropout assists in preventing overfitting by ensuring that the model does not overly depend on any single neuron. It improves the model's generalization ability and performance on unseen data. The multi-dimensional outcome from the pooling and convolutional layers is subsequently transformed into a one-dimensional vector by the Flatten layer. The input for the following dense layers is this vector. Flattening is crucial for transitioning fully connected layers from convolutional layers, which perform the final classification.

The first dense layer contains 128 neurons and utilizes the ReLU activation function to learn complex feature interactions. This layer enhances the model's classification capability by integrating features learned from previous layers. The second dense layer produces the model's final output and is correlated with the number of classes.

The Methodology Section for Diabetic Retinopathy Detection

Data augmentation approaches were used to enhance the effectiveness of models. The training dataset's variety is increased by data augmentation, thereby improving the model's generalization ability. This is particularly valuable when dealing with a restricted number of medical images, as it helps make the model more robust against various image variations. The data augmentation process was implemented using TensorFlow's Sequential API. This process involves applying random transformations to images within the training dataset. Techniques used in this study include horizontal and vertical flipping and random rotation. These transformations introduce variations in image orientations, which improves the model's ability to learn from symmetric changes. Additionally, images were randomly rotated up to 0.2 radians (approximately 11.46 degrees), improving the model's

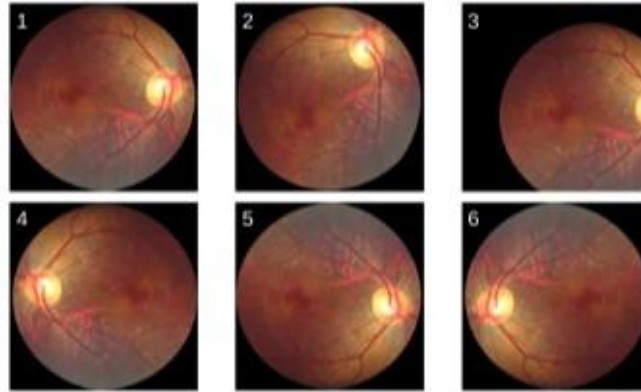
resistance to rotational fluctuations and enabling it to adjust to various viewing angles.

The data augmentation layer was incorporated immediately following the model's input layer. This setup ensures that during training, each image undergoes a variety of random transformations, as illustrated in Figure 2. This method guarantees that only during training will the model be exposed to enhanced data, while its performance is assessed with original, unmodified data during validation and testing. This is essential for accurately evaluating the model's performance with real-world data.

In conclusion, the application of data augmentation techniques has significantly improved the model's ability to learn changes made to the training dataset and enhanced its generalization capabilities. This advancement is particularly beneficial when working with limited medical imaging data, as it allows the model to more accurately recognize diverse disease symptoms and achieve higher accuracy rates in diabetic retinopathy diagnosis.

Figure 2

The sample outputs of the data augmentation processes are presented. The numbered images correspond to the following: the original output is labeled as 1, the rotated version as 2, the translated version as 3, the horizontally flipped version as 4, the vertically flipped version as 5, and the version flipped both horizontally and vertically as 6.

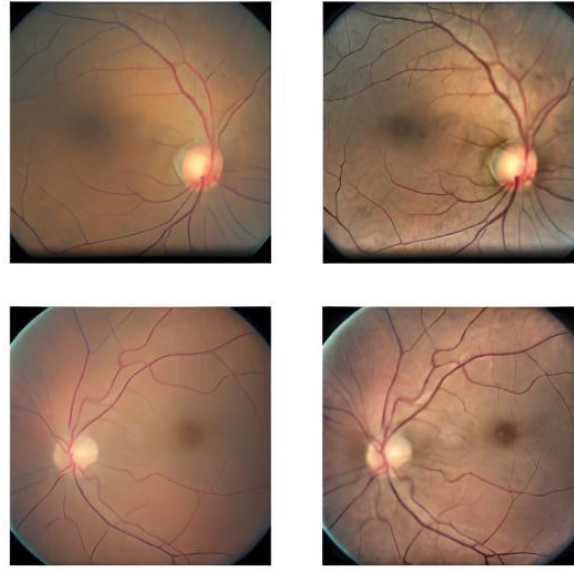


“The Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)” used for further improve the contrast of retinal images to identification. A more sophisticated form of conventional histogram equalization, CLAHE offers localized contrast enhancement, as illustrated in Figure 3. Unlike traditional histogram equalization, which enhances overall contrast by stretching the histogram of the entire image, Through the division of the image into tiny cells, CLAHE enhances local contrast (or tiles) and applying histogram equalization separately to each cell. This method enhances fine details and mitigates noise associated with excessive contrast enhancement.

In this study, the CLAHE parameters were meticulously configured with a clipLimit of 2.0 and a tileGridSize of 8x8. The clipLimit was set to prevent excessive contrast enhancement and mitigate noise, while the tileGridSize ensured the image was divided into smaller cells, facilitating effective local histogram equalization. These parameters were deliberately selected to achieve optimal contrast enhancement while maintaining noise control.

Figure 3

The original photos (left), and the outcomes following the application of histogram equalization (right)



A color space modification was first carried out on the photos before applying CLAHE. Retina images were converted from the BGR (blue-green-red) color space to the LAB (Lightness-a-b) color space. This transformation allows the contrast enhancement process to be applied solely to the lightness component (L), preserving color information and contributing to improved image quality.

In the LAB color space, the image was decomposed into its L, a, and b components, with CLAHE applied exclusively to the lightness component. Enhancing the lightness component with CLAHE improves local contrast, making features such as blood vessels, microaneurysms, and other pathological findings in retinal images more prominent. Following the enhancement, the adjusted lightness component was combined with the original color components (a and b), and the image was reconstructed in the LAB color space before being converted back to the BGR color space. This process effectively increased the contrast of all retinal images, making them more suitable for analysis.

In conclusion, applying the CLAHE method significantly enhanced the contrast of retinal images used for diabetic retinopathy diagnosis, allowing for clearer visualization of pathological findings. This improvement facilitates more accurate and reliable outcomes in clinical diagnosis and treatment. Furthermore, the implementation of CLAHE enhances the performance, contributing to the development of more effective classification and diagnostic models.

The performance of CNN models used in diabetic retinopathy (DR) diagnosis is dependent on proper and consistent preprocessing of input data. Because of the different resolutions of the images in the dataset utilized in this study, it was necessary to resize all images to a uniform dimension. Consequently, all fundus images fed into the CNN model were resized to the smallest image size of 216 x 216 pixels.

The Methodology Section for Diabetic Retinopathy Detection

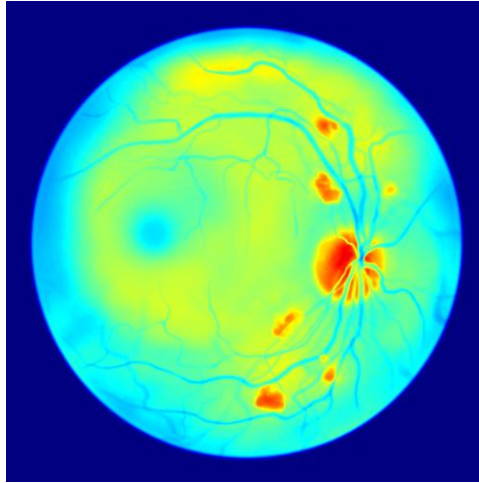
In this part of the study, we developed an image processing pipeline to detect yellow lesions, indicative of exudates, in fundus. Hard exudates and soft exudates are lipid deposits appearing as yellow spots on the retina, often associated with diabetic retinopathy. Leaking from abnormal blood vessels in the retina, a common diabetic complication, causes these deposits.

Initially, the original fundus image is transformed into a heatmap to enhance visual contrast,

making critical features more distinguishable, as illustrated in Figure 4. CLAHE is then applied with particular focus on the green channel, which is vital in fundus imaging.

Figure 4

The fundus image with the color heatmap is shown.

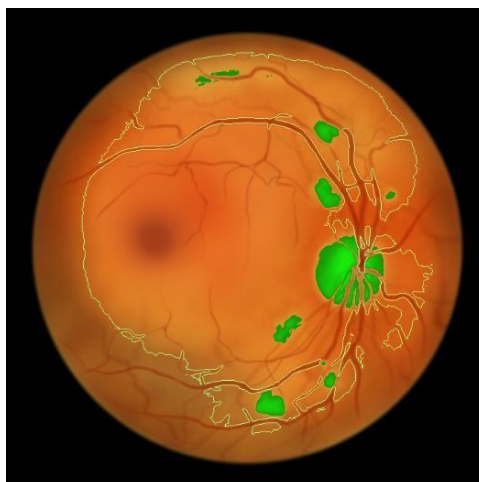


Subsequently, specific color boundaries for yellow and red hues are defined to create masks that isolate these regions within the heatmap. These masked regions are set to black, and the modified heatmap is then converted into a binary image. Contours are detected in this binary image, and an image highlighting these contours in green is generated. These contours are overlaid onto the original fundus image to emphasize the regions of interest.

Further processing involves converting the CLAHE-enhanced image to grayscale and binarizing it. The binary image, which highlights green regions, is then converted back to a colored image and applied to the original image. A transparency effect is applied to the green mask, blending it seamlessly with the original image (Figure 5).

Figure 5

The image shows a fundus image with highlighted exudates.



The final processed image displays the highlighted regions, indicating yellow lesions that are crucial for diagnosing diabetic retinopathy. This technique improves fundus image detection and visualization of both soft and hard exudates, providing a powerful instrument for analyzing medical images in relation to diabetic retinopathy. Healthcare providers can more precisely diagnose and track the development of diabetic retinopathy in patients by detecting these lipid deposits.

The Methodology Section for Glaucoma Detection

In this section of the study, the effectiveness and application methods of algorithms used for glaucoma detection are thoroughly examined. These algorithms, developed with machine learning techniques and advanced image processing, analyze various biometric data points. Key data points include intraocular pressure, the retinal layers thickness and the anatomical characteristics of the nerve head, both of which are essential in determining the risk of glaucoma.

To enhance the accuracy of glaucoma diagnosis, this study emphasizes a detailed approach to processing eye images, with particular attention to zooming into specific regions of interest. The process begins with the loading and visualization of a high-resolution color image of the eye. This initial step gives a thorough rundown of the structure of the eye by examining the raw data without any preprocessing. Upon loading the color image, it is converted into grayscale (Figure 6). This conversion eliminates color information, which may be redundant in medical image analysis, leaving only the brightness information. Simplifying the image to grayscale facilitates a more focused examination of structural details by improving the contrast between different components, thus making it easier to identify subtle features.

Subsequent to the grayscale conversion, a median blur filter is applied to the image, achieving the result depicted in Figure 6. This filter reduces noise that could obscure important details and smooths the edges within the image, leading to a more uniform appearance. The reduction of unwanted details through this process enhances the accuracy of the subsequent analysis, ensuring that key features are more clearly visible.

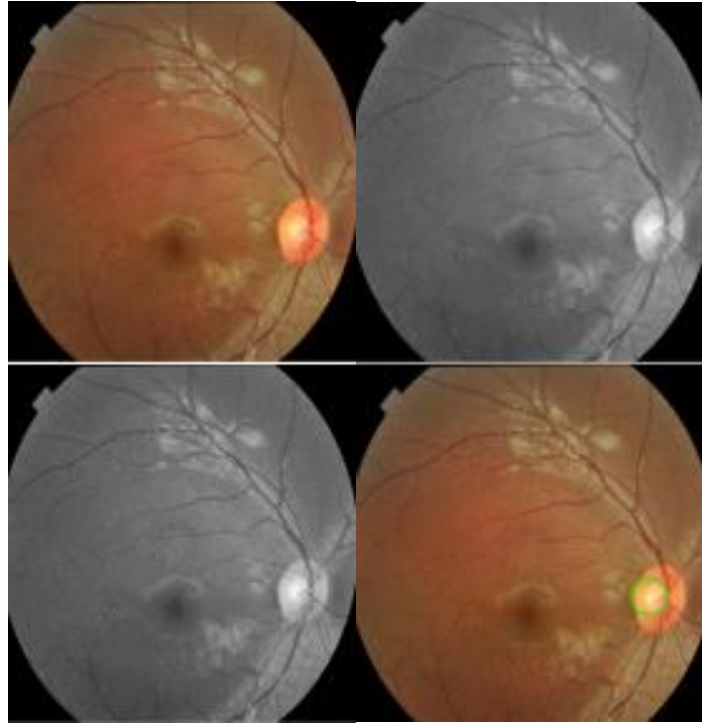
Following the application of the median blur filter, the next step involves detecting circular structures within the eye using the Hough Circle Transform. This technique is effective for identifying prominent circular features, such as the optic disc, as shown in Figure 6.

The algorithm's capability to detect these circular structures is crucial for the precise localization and analysis of critical areas. Among the detected circles, the algorithm identifies the one with the brightest center and marks it on the raw image (Figure 6). This circle is of particular significance as the brightest center typically corresponds to essential structures like the optic disc.

Marking this circle on the original color image ensures that both its center and circumference are distinctly visible. This marking process is integral for further analysis, highlighting regions of interest necessary for diagnosing glaucoma. Enhancing the visibility of these critical structures ensures that the subsequent analysis is both accurate and reliable. This detailed marking assists in the precision of the nerve head, which is essential for evaluating the progression and severity of glaucoma.

Figure 6

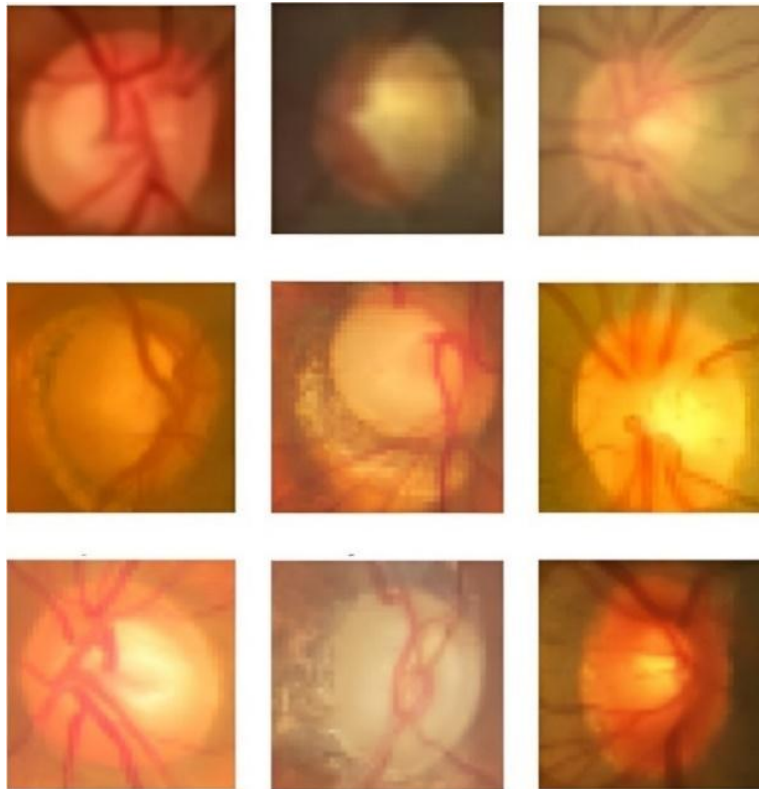
The original color image is displayed first (left-up), grayscale counterpart(left-down), the third image in the top right depicts the grayscale image with a median blur filter applied, and the bottom right image highlights the circle detected with the Hough Circle Transform method, emphasizing structures like the optic disc.



In the final stage, a specific area around the marked circle is enlarged. This process involves focusing on the center of the selected circle and zooming into the surrounding area. Enlarging this region allows for more detailed analysis and better detection of potential abnormalities. The magnified area is subsequently visualized for additional analysis, as illustrated in Figure 7.

Figure 7

Optic disc detection algorithm outputs in images with glaucoma diagnosis.



These operations are performed to process and analyze the image in a manner that provides

enhanced data for machine learning models. This process aims to facilitate glaucoma diagnosis and improve accuracy by obtaining high-quality images with distinct features. Consequently, eye disorders such as glaucoma can be diagnosed earlier and with greater precision.

Approach to Optic Disc Evaluation

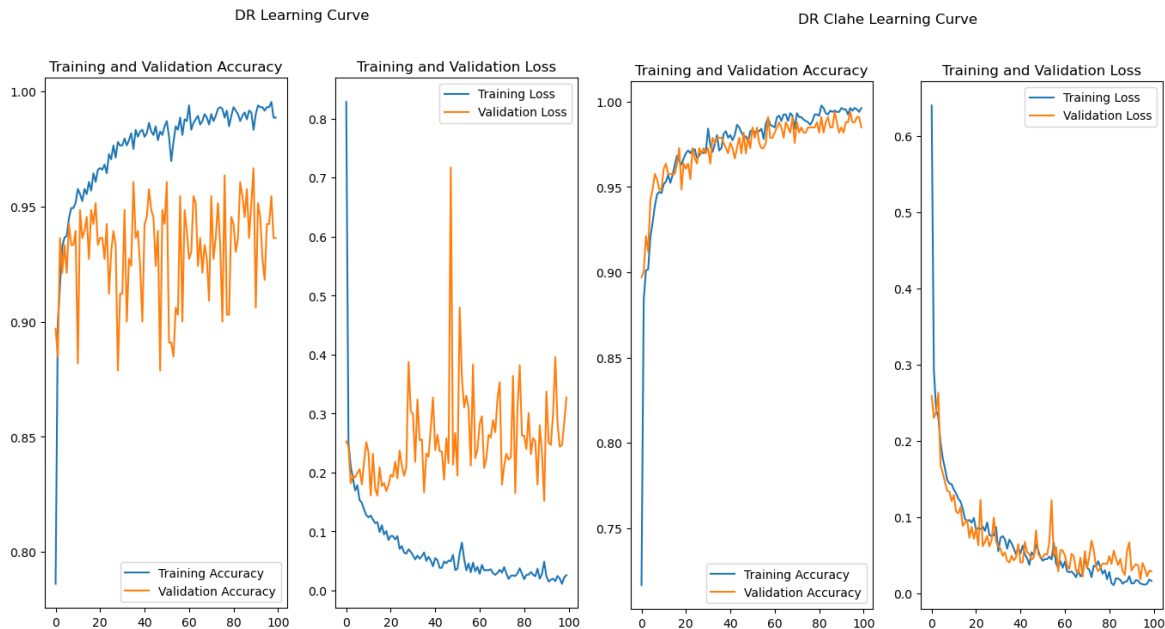
Due to high noise levels in the processed data, optic disc images that cannot be detected automatically are manually marked by the user. The code scans image files in the specified directory and allows the user to manually intervene with each image. If the images exceed a specified size, they are resized. Users can define a cropping area by drawing a square on the image with the mouse. The square's size can be dynamically adjusted using the mouse wheel. The chosen area is cropped and saved to a specified directory when the left mouse is clicked. During this cropping process, the directory for saving the cropped image is automatically created. The user can exit the process by pressing the "Esc" key or closing the image window. An image is skipped and nothing is done if it has already been cropped. The code also checks for unreadable or faulty files and reports any errors encountered during processing. In conclusion, this application code directory supports the manual inspection of glaucoma-related images, enabling users to select and crop specific areas for further analysis.

EVALUATION METRICS

Using fundus images of individuals with glaucoma and diabetic retinopathy, we methodically assessed the efficacy of many machine learning approaches. The critical role of pre-processing in enhancing model performance was rigorously analyzed using comparative figures and tables, with a focus on learning curves, confusion matrices, and classification reports.

Figure 8

The figure compares learning curves for CNN models trained on original and contrast-enhanced fundus images for diabetic retinopathy detection.



Learning curves were utilized to plot the model's performance, typically measured by error rate or accuracy, against the number of training instances or the duration of training. These curves show how the predicted accuracy of the model increases with the amount of data it is exposed to. The training curve demonstrates the model's performance on the training data, often showing high accuracy initially,

with a potential plateau as additional data is introduced. In contrast, the validation/test curve represents the performance of model's on never seen data, providing insights into its generalization capabilities. This curve typically starts with a higher error rate, which decreases as more training data is incorporated, until it may plateau or diverge, indicating potential overfitting or underfitting.

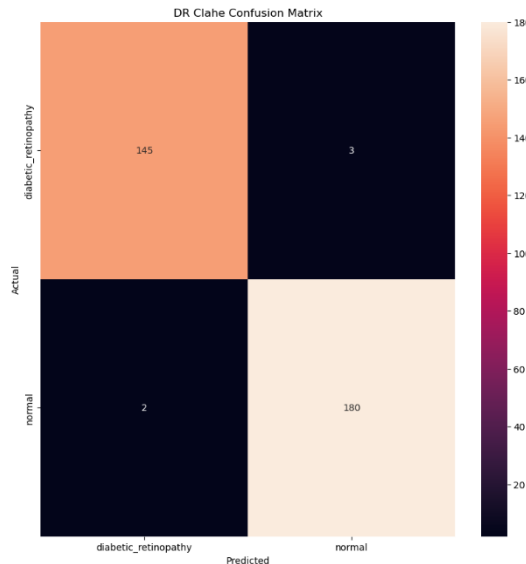
Learning curves of the CNN model trained with contrast-adjusted fundus images (Figure 8). The training and validation accuracy curves are closely aligned, with only minor deviations, and remain stable at certain points. This alignment indicates that the model performs similarly on both the validation and training, reflecting strong generalization capabilities. The close match between training and validation accuracies suggests that the model has effectively avoided overfitting and has not excessively adapted to the training data. The stability of performance at a certain level signifies that the learning process has been successfully completed and maintained. This consistent performance highlights the model's robustness and its ability to generalize well across different datasets.

Moreover, the convergence of the training and validation curves at a low error rate indicates that the model is operating effectively. This convergence shows how well the model generalizes to new, unknown data and how well it is learned from the training set. Conversely, if the training error is low while the validation error remains high, it would indicate overfitting, suggesting that the on training data, the model works well, but on fresh data, it performs poorly. Conversely, underfitting is observed when both curves exhibit high error rates, indicating that the model is too simplistic to detect the deeper structure in the data. This distinction is crucial for understanding whether the model requires further refinement or if it is appropriately tuned for the given task.

Additionally, contrast adjustments have resulted in noticeable changes in accuracy deviations. When compared to the curves shown in Figure 8, these changes illustrate how varying contrast levels affect the model's performance.

Figure 9

The confusion matrix for diabetic retinopathy shows TP, FP, TN, and FN.



The confusion matrix, a fundamental tool for evaluating classification algorithms, compares the model's predicted labels with the actual ground truth labels from the dataset. This comparison summarizes the model's accuracy in predicting different classes. From the confusion matrix, several critical metrics are derived, including the classification report, which comprises precision, recall, and the F1 score. These metrics can be calculated as shown below.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1\ Score = 2 \times \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right)$$

These metrics, as seen in Figure 9, demonstrate that the model provides high accuracy and effectiveness, achieving successful performance for both classes. Using the components of this matrix, the performance metrics are calculated as follows: The accuracy of the model is 97.5%, indicating that the model has classified both healthy images and DR cases with high accuracy and demonstrates a strong overall performance. The precision for healthy images is 98.7%, meaning that 98.7% of the cases predicted as healthy are indeed healthy, reflecting a very low FN rate. The recall for healthy images is 98.6%, which means that 98.6% of actual healthy cases have been correctly identified by the model, demonstrating a very low FN rate. The F1 score for healthy images is 98.7%, indicating that the model's predictions for healthy images are well-balanced in terms of both precision and recall. For DR, the precision is 98.9%, showing that 98.9% of the cases predicted as DR are indeed DR, with a very low FP rate. The recall for DR is 98.6%, which means that 98.6% of actual DR cases have been correctly predicted, with a low false negative rate. The F1 score for DR is 98.7%, demonstrating that DR predictions are robust and balanced both precision and recall. Where TP is correctly identified DR cases, and FP is cases incorrectly identified as DR.

Table 2

Table showing the classification performance metrics for diabetic retinopathy and healthy images.

Classification Metrics	DR	Normal	Accuracy
Precision	0.98	0.99	-
Recall	0.99	0.98	-
F1 Score	0.98	0.98	-
Accuracy	-	-	0.98

Table 2 presents classification performance metrics for DR and normal images, including precision, recall, F1-score, and overall accuracy.

In this study, a series of sequential preprocessing steps were applied prior to model training. Techniques such as contrast adjustment, noise reduction, sharpening, and various other methods were employed to enhance image quality. However, it was found that among these steps, contrast adjustment yielded the most significant performance improvement. The other preprocessing steps did not provide the expected contribution and, in some cases, led to undesirable outcomes such as overfitting in the model.

Upon examining the learning curves, confusion matrix, and classification report, it was observed that contrast-enhanced images demonstrated superior generalization ability. This model achieved a 10% higher recall score and a 4% greater accuracy rate in the classification of diabetic retinopathy. Consequently, it was determined that among the various preprocessing steps applied, contrast adjustment played a particularly crucial role in enhancing the model's performance.

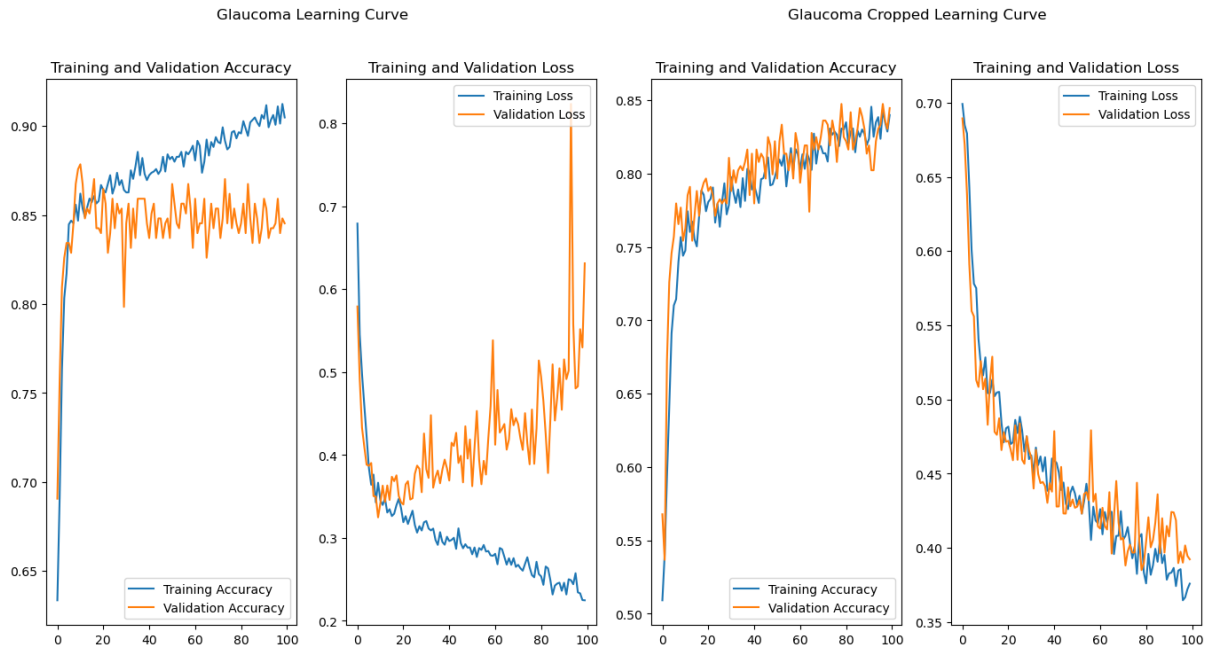
Given that the optic disc plays a crucial role in glaucoma detection, we focused exclusively on analyzing the optic disc region within the images for this study. The graphs and tables below demonstrate the improved results of this targeted approach. Learning curves of the CNN model for glaucoma detection (Figure 10), comparing two approaches: training with the original fundus images

versus training with a focus on the optic disc. The upper curve represents the model trained on the original fundus images, while the lower curve shows the model trained with an emphasis on the optic disc. The upper graph demonstrates suboptimal performance, with noticeable deviations and instability in accuracy. In contrast, the lower graph, which focuses on the optic disc, reveals significantly improved performance.

The training and validation curves in the lower graph are closely aligned with minimal deviations, indicating greater stability and accuracy. This suggests that the model, when trained with a focus on the optic disc, generalizes better and detects glaucoma more effectively. The enhanced performance in the lower graph underscores the benefit of focusing on the optic disc, which contributes to a more reliable and robust model for glaucoma detection.

Figure 10

The figure presents two learning curves from CNN models for glaucoma detection. The upper curve depicts the model trained on original fundus images, while the lower curve illustrates the model trained with a close-up focus on the optic disc. This comparison highlights the impact of focusing on the optic disc on model performance.



These metrics, as shown in Figure 11, highlight the model's accuracy and effectiveness in detecting glaucoma. The model's accuracy is 83.6%. The precision for glaucoma is 83.4%, indicating that 83.4% of the cases predicted as glaucoma are indeed glaucoma, which reflects a relatively low FP. The recall for glaucoma is 86.2%, meaning that 86.2% of actual glaucoma cases have been correctly identified by the model, demonstrating a relatively low false negative rate. The F1 score for glaucoma is 84.8%, suggesting that the model's predictions for glaucoma are well-balanced. For normal cases, the precision is 82.6%, showing that 82.6% of the cases predicted as normal are indeed normal, with a low false positive rate. The recall for normal cases is 83.8%, meaning that 83.8% of actual normal cases have been correctly predicted, reflecting a low FN. The F1 score for normal cases is 83.2%, indicating that predictions for normal cases are robust and balanced in terms of precision and recall.

Figure 11

The confusion matrix for glaucoma displays true positives, false positives, true negatives, and false negatives.

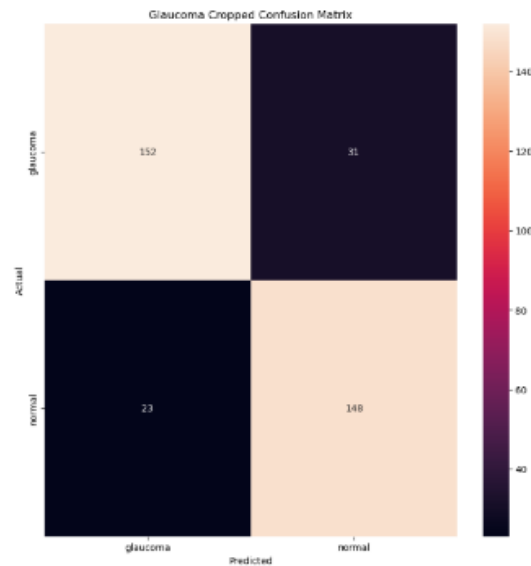
**Table 3**

Table showing the classification performance metrics for diabetic retinopathy and healthy images.

Classification Metrics	Glaucoma	Normal	Accuracy
Precision	0.83	0.87	-
Recall	0.87	0.83	-
F1 Score	0.85	0.85	-
Accuracy	-	-	0.84

Table 3 summarizes the classification performance metrics for glaucoma and normal images. The metrics include precision, recall, F1 score, and overall accuracy, offering a concise overview of the model's performance for both classes.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The results demonstrate that focusing on the optic disc in fundus images of glaucoma patients significantly improved the machine learning model's accuracy. This targeted approach enabled the model to effectively identify the distinctive features of glaucoma within the optic disc, facilitating early detection and diagnosis with high precision. Similarly, preprocessing techniques applied to fundus images of diabetic retinopathy patients, such as image enhancement, noise reduction, and normalization, enhanced the machine learning models' accuracy. These techniques successfully highlighted key pathological features associated with diabetic retinopathy, thus improving the model's overall performance.

Notably, compared to other models, the architecture used in this work was trained using a lot less data. This suggests that data augmentation could further enhance the model's efficiency and accuracy. In order to investigate possible enhancements in model performance, future research might concentrate on growing the dataset.

Figure 12

The user interface for eye disease detection, which includes tools for uploading fundus images and viewing diagnosis results, is shown.

Ethical Approval

It is hereby declared that ethical guidelines have been followed throughout the preparation of this study.

Author Contributions

Research Design Author 1 (%30) - Author 2 (%30) - Author 3 (%40)

Data Collection Author 1 (%10) - Author 2 (%45) - Author 3 (%45)

Research - Data Analysis - Validation Author 1 (%20) - Author 2 (%40) - Author 3 (%40)

Writing the Article Author 1 (%30) - Author 2 (%40) - Author 3 (%30)

Revision and Improvement of the Text Author 1 (%30) - Author 2 (%40) - Author 3 (%30)

Funding

There was no financial support for this study.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Sustainable Development Goals (SDGs)

Sustainable Development Goal: **3 Good Health and Well-being**

3.d Strengthen the capacity of all countries, particularly developing countries, for early warning, risk reduction, and management of national and global health risks.

REFERENCES

- Aiello, L. P. (2003). Angiogenesis and diabetic retinopathy. *The American Journal of Ophthalmology*, 136(1), 122–135.
- American Diabetes Association. (2020a). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 43(Suppl. 1), S14–S31.
- American Diabetes Association. (2020b). Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*, 43(Suppl. 1), S1–S204.
- Antonetti, D. A., Barber, A. J., Bronson, S. K., Freeman, W. M., Gardner, T. W., Jefferson, L. S., ... & Bronson, S. K. (2006). Diabetic retinopathy: Seeing beyond glucose-induced microvascular disease. *Diabetes*, 55(9), 2401–2411.
- Bandello, M., et al. (2016). Diabetic retinopathy. *The Lancet*, 388(10050), 1455–1466.
- Bresnick, G. H., Condit, R., Syrjala, S., Palta, M., Groo, A., & Korth, K. (1984). Abnormalities of the foveal avascular zone in diabetic retinopathy. *Archives of Ophthalmology*, 102(9), 1286–1293.
- Bressler, N. M., Edwards, A. R., Antoszyk, A. N., Beck, R. W., Browning, D. J., Ciardella, A. P., & Ip, M. S. (2003). Retinal thickness on stratus optical coherence tomography in people with diabetes and minimal or no diabetic retinopathy. *American Journal of Ophthalmology*, 135(5), 704–712.
- Caprioli, J., & Varma, R. (2011). Intraocular pressure: Modulation as treatment for glaucoma. *American Journal of Ophthalmology*, 152(3), 340–344.
- Cen, L. P., Ji, J., Lin, J. W., et al. (2021). Automatic detection of 39 fundus diseases and conditions in retinal photographs using deep neural networks. *Nature Communications*, 12, 4828.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2021). *National diabetes statistics report, 2020*. Atlanta, GA: Author.
- Cheung, N., & Wong, T. Y. (2016). Diabetic retinopathy and systemic vascular complications. *Progress in Retinal and Eye Research*, 48, 8–39.
- Cheung, N., Mitchell, P., & Wong, T. Y. (2010). Diabetic retinopathy. *The Lancet*, 376(9735), 124–136.
- Doddi, G. V. (n.d.). Eye diseases classification. Kaggle.
<https://www.kaggle.com/datasets/gunavenkatdoddi/eye-diseases-classification>
- Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. (1991). Grading diabetic retinopathy from stereoscopic color fundus photographs—An extension of the modified Airle House classification. ETDRS report number 10. *Ophthalmology*, 98(5 Suppl), 786–806.
- European Glaucoma Society. (2017). *Terminology and guidelines for glaucoma* (4th ed.). Savona, Italy: PubliComm.
- Foster, P. J., & Buhrmann, R. (2002). The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *British Journal of Ophthalmology*, 86(2), 238–242.
- Gedde, S. J., Schiffman, J. C., Feuer, W. J., Herndon, L. W., Brandt, J. D., Budenz, D. L., ... & Tube Versus Trabeculectomy Study Group. (2012). Treatment outcomes.
- Hee, M. R., Puliafito, C. A., Wong, C., Duker, J. S., Reichel, E., Schuman, J. S., & Fujimoto, J. G. (1995). Quantitative assessment of macular edema with optical coherence tomography. *Archives*

- of Ophthalmology*, 113(8), 1019–1029.
- Heijl, A., Leske, M. C., Bengtsson, B., Hyman, L., Bengtsson, B., & Hussein, M. (2002). Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: Results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Archives of Ophthalmology*, 120(10), 1268–1279.
- Hood, D. C., & Kardon, R. H. (2007). A framework for comparing structural and functional measures of glaucomatous damage. *Progress in Retinal and Eye Research*, 26(6), 688–710.
- Hu, F. B. (2011). Globalization of diabetes: The role of diet, lifestyle, and genes. *Diabetes Care*, 34(6), 1249–1257.
- Huang, E. S. (2011). The natural history of type 2 diabetes: Validating a prognostic model for diabetes progression. *Diabetes Care*, 34(9), 1915–1916.
- International Diabetes Federation. (2019). IDF diabetes atlas (9th ed.). Brussels, Belgium: Author.
- Jay, J. L., & Murray, S. B. (1988). Early trabeculectomy versus conventional management in primary open angle glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*, 72(12), 881–889.
- Johnson, C. A., Sample, P. A., Zangwill, L. M., Vasile, C., Cioffi, G. A., Liebmann, J. R., ... & Weinreb, R. N. (2006). The Early Manifest Glaucoma Trial: Overview and baseline characteristics of enrolled patients. *Ophthalmology*, 113(7), 1147–1153.
- Jonas, J. B., Budde, W. M., & Panda-Jonas, S. (1999). Ophthalmoscopic evaluation of the optic nerve head. *Survey of Ophthalmology*, 43(4), 293–320.
- Jonas, J. B., & Dichtl, A. (1996). Evaluation of the retinal nerve fiber layer. *Survey of Ophthalmology*, 40(5), 369–378.
- Kass, M. A., Heuer, D. K., Higginbotham, E. J., Johnson, C. A., Keltner, J. L., Miller, J. P., ... & Gordon, M. O. (2002). The Ocular Hypertension Treatment Study: A randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of Ophthalmology*, 120(6), 701–713.
- Klein, R., Klein, B. E., Moss, S. E., Davis, M. D., & DeMets, D. L. (1984). The Wisconsin epidemiologic study of diabetic retinopathy. III. Prevalence and risk of diabetic retinopathy when age at diagnosis is 30 or more years. *Archives of Ophthalmology*, 102(4), 527–532.
- Klein, R., & Klein, B. E. (1980). Diabetic retinopathy. *Annual Review of Medicine*, 31(1), 219–236.
- Leung, C. K., Cheung, C. Y., Weinreb, R. N., Qiu, Q., Liu, S., Li, H., ... & Lam, D. S. (2010). Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography: A prospective analysis of age-related loss. *Ophthalmology*, 117(4), 732–738.
- Leske, M. C., Connell, A. M., Wu, S. Y., Hyman, L. G., & Schachat, A. P. (1995). Risk factors for open-angle glaucoma. The Barbados Eye Study. *Archives of Ophthalmology*, 113(7), 918–924.
- McCarthy, M. I. (2004). Genetic contribution to type 2 diabetes: Genomic and epidemiologic perspectives. *American Journal of Epidemiology*, 159(12), 1077–1089.
- Michaelides, M. B., et al. (2007). Diabetic retinopathy: Pathogenesis, clinical grading, management and future developments. *Diabetic Medicine*, 24(2), 141–150.
- Quigley, H. A., & Broman, A. T. (2006). The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *British Journal of Ophthalmology*, 90(3), 262–267.

- Racette, L., Wilson, M. R., Zangwill, L. M., Weinreb, R. N., & Sample, P. A. (2003). Primary open-angle glaucoma in blacks: A review. *Survey of Ophthalmology*, 48(3), 295–313.
- Schuman, J. S., Hee, M. R., Puliafito, C. A., Wong, C., Pedut-Kloizman, T., Lin, C. P., ... & Fujimoto, J. G. (1995). Quantification of nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography: A pilot study. *Archives of Ophthalmology*, 113(5), 586–596.
- Tham, Y. C., Li, X., Wong, T. Y., Quigley, H. A., Aung, T., & Cheng, C. Y. (2014). Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: A systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*, 121(11), 2081–2090.
- Tielsch, J. M., Katz, J., Singh, K., Quigley, H. A., Gottsch, J. D., Javitt, J., & Sommer, A. (1991). A population-based evaluation of glaucoma screening: The Baltimore Eye Survey. *American Journal of Epidemiology*, 134(10), 1102–1110.
- Varma, R., Ying-Lai, M., Francis, B. A., Nguyen, B. B., Deneen, J., Wilson, M. R., & Azen, S. P. (2004). Prevalence of open-angle glaucoma and ocular hypertension in Latinos: The Los Angeles Latino Eye Study. *Ophthalmology*, 111(8), 1439–1448.
- Weinreb, R. N., Aung, T., & Medeiros, F. A. (2014). The pathophysiology and treatment of glaucoma: A review. *JAMA*, 311(18), 1901–1911.
- Werner, G. K., Sample, P. A., Zangwill, L. M., Vasile, C., Cioffi, G. A., Liebmann, J. R., ... & Weinreb, R. N. (2007). Frequency doubling technology perimetry for detection of visual field progression in glaucoma: A meta-analysis. *Journal of Glaucoma*, 16(2), 117–124.
- Wilkinson, C. P., Ferris, F. L. III, Klein, R. E., et al. (2003). Proposed international clinical diabetic retinopathy and diabetic macular edema disease severity scales. *Ophthalmology*, 110(9), 1677–1682. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(03\)00475-5](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(03)00475-5)
- Wong, T. Y., Cheung, C. M., Larsen, M., Sharma, S., Simó, R., & Diabetic Retinopathy Barometer Study Group. (2016). Diabetic retinopathy. *Nature Reviews Disease Primers*, 2(1), 1–17.
- World Health Organization. (2016). *Global report on diabetes*. Geneva, Switzerland: Author.
- Yau, J. W., Rogers, S. L., Kawasaki, R., Lamoureux, E. L., Kowalski, J. W., Bek, T., & Wang, J. J. (2012). Global prevalence and major risk factors of diabetic retinopathy. *Diabetes Care*, 35(3), 556–564.
- Yau, L., et al. (2012). Global prevalence and major risk factors of diabetic retinopathy. *Diabetes Care*, 35(3), 556–564.
- Yoon, S., Kim, J., & Park, S. (2016). Pathophysiology and therapeutic mechanisms in diabetic retinopathy: Current understanding and future prospects. *Journal of Diabetes Research*, 3789217.
- Zhang, X., Saaddine, J. B., Chou, C. F., & Cotch, M. F. (2010). Prevalence of diabetic retinopathy in the United States, 2005–2008. *JAMA*, 304(6), 649–656.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Early detection and effective monitoring of vision-threatening diseases such as diabetic retinopathy and glaucoma are critical in preventing irreversible vision loss and improving long-term patient outcomes. These conditions, if diagnosed in the early stages, can be managed with appropriate interventions, thereby reducing the burden on healthcare systems and enhancing patients' quality of life. In this context, artificial intelligence and deep learning technologies offer promising opportunities to support ophthalmologists in diagnostic decision-making processes. This study introduces a user-friendly diagnostic software interface integrated with a customized Convolutional Neural Network (CNN) architecture designed to aid in the identification of diabetic retinopathy and glaucoma from retinal fundus images.

Method: An 11-layer CNN model was developed, starting with a rescaling input layer and employing various data augmentation techniques to improve generalization. The core of the model consists of three convolutional layers with 16, 32, and 64 filters, respectively, each followed by max-pooling operations. A dropout layer with a rate of 0.7 was integrated to mitigate overfitting. The feature extraction phase includes a flattening layer and a dense layer with 128 neurons, followed by an output layer tailored to the classification tasks. For glaucoma detection, a targeted preprocessing step focused on the optic disc region led to a 20% reduction in validation loss. Additionally, a manual zooming function was incorporated into the user interface to support expert analysis in diagnostically ambiguous glaucoma cases. For diabetic retinopathy, the model emphasized pathological regions such as edema and hemorrhage to enhance vascular structure visibility and improve diagnostic precision.

Findings: The proposed system achieved an accuracy of 98% for diabetic retinopathy detection and 85% for glaucoma diagnosis. The results show that the CNN model is highly effective in identifying characteristic features of both diseases. The targeted preprocessing strategies and manual interface functionalities contributed significantly to diagnostic performance, particularly in glaucoma cases where optic nerve damage can be subtle. The software also provides real-time visualization of critical pathological areas, which supports clinical decision-making.

Conclusion: This study demonstrates that the integration of deep learning algorithms with user-centric interface design can significantly improve the early detection and management of diabetic retinopathy and glaucoma. The developed system not only provides high diagnostic accuracy but also enhances interpretability through morphological region highlighting, thereby supporting clinicians in delivering timely and precise treatment. The findings suggest that such tools could play a vital role in the future of AI-assisted ophthalmic diagnostics, ultimately improving patient outcomes and reducing preventable vision loss.

The Economic and Cultural Impacts of Digitalization on the Film Industry

Hamza ÖZÇİFTÇİ^{1*}  Ahmet ÖZÇİFTÇİ² 

¹ İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Toptan ve Perakende Satış Bölümü, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Radyo TV Sinema, İstanbul, Türkiye

Article Info

Received: 13.03.2025

Accepted: 05.06.2025

Published: 30.06.2025

Keywords:

Digitalization in film industry, platform capitalism, streaming services and cinema.

ABSTRACT

Digitalisation has fundamentally transformed the production, distribution, and consumption processes within the film industry, generating new economic and cultural dynamics. Traditional analogue technologies have largely been replaced by digital encoding, AI-based content recommendation systems, and online streaming platforms, resulting in reduced production costs and significantly enhanced global accessibility to content. International platforms such as Netflix, Amazon Prime, and Disney+ leverage user data analytics and artificial intelligence-driven recommendation systems to personalise content delivery, thereby establishing a new, data-driven business model referred to as 'platform capitalism'. While these developments have created unprecedented opportunities for independent filmmakers to achieve global visibility, they have simultaneously led to increased market consolidation and strengthened the economic dominance of major media corporations, raising concerns related to monopolisation and standardisation of content. Additionally, the preference of digital platforms for data-driven, audience-oriented production tends to amplify the prevalence of popular mainstream content, potentially marginalising independent and alternative cinema. Consequently, smaller and niche productions risk being overshadowed, limiting their accessibility to diverse audiences. Furthermore, digitalisation has introduced significant technological innovations, reshaping not only distribution methods but also the creative dimensions of film production. Integrating artificial intelligence into scriptwriting, casting, and post-production has considerably reduced costs and increased efficiency; however, this algorithmic approach also provokes critical discussions concerning the ethical implications and potential erosion of artistic originality. Moreover, emerging technologies such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), and the metaverse hold substantial potential for reshaping cinematic experiences, fundamentally altering audiences' perceptions of reality. Such technological advancements raise critical academic questions regarding the evolving dynamics between artistic creativity, commercial imperatives, and shifting audience perceptions of reality, necessitating further inquiry into the future trajectory of cinematic expression.

Dijitalleşmenin Sinema Endüstrisi Üzerindeki Ekonomik ve Kültürel Etkileri

Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 13.03.2025

Kabul Tarihi: 05.06.2025

Yayın Tarihi: 30.06.2025

Anahtar Kelimeler:

Film endüstrisinde dijitalleşme, platform kapitalizmi, yayın platformları ve sinema.

ÖZET

Dijitalleşme, sinema endüstrisinin üretim, dağıtım ve tüketim süreçlerini köklü biçimde dönüştürerek yeni ekonomik ve kültürel dinamikler yaratmıştır. Geleneksel analog teknolojilerin yerini dijital kodlama, yapay zekâ tabanlı içerik öneri sistemleri ve çevrimiçi platformlar almış; bu dönüşümle birlikte prodüksiyon maliyetleri azalırken içeriklerin küresel ölçekte erişilebilirliği artmıştır. Netflix, Amazon Prime ve Disney+ gibi küresel platformlar, kullanıcıların izleme alışkanlıklarını ve tercihlerini analiz ederek içerik üretimini veri odaklı hale getirip kişiselleştirilmiş öneri sistemleri sunmuş, bu süreç "platform kapitalizmi" olarak adlandırılan yeni bir ekonomik modeli ortaya çıkarmıştır. Bu yeni dijital ekonomi, bağımsız sinema üreticileri için daha önce mümkün olmayan küresel görünürlük fırsatları yaratsa da, aynı zamanda büyük medya şirketlerinin ekonomik gücünün pekişmesine ve pazar üzerindeki kontrollerinin artmasına neden olmuş, bu durum tekelleşme eğilimlerini beraberinde getirmiştir. Ayrıca içeriklerin giderek kişiselleştirilmesi ve izleyici taleplerine uygun hale getirilmesi, film endüstrisinde özgün içeriklerin azalması ve kültürel üretimin standartlaşması riskini artırmaktadır. Dijital platformların içerikleri algoritmalar aracılığıyla önererek, izleyici tercihlerine yönelik üretimi artırması, popüler içeriklerin daha çok üretilmesine, bağımsız ve alternatif filmlerin ise arka planda kalmasına yol açabilmektedir. Dijitalleşmenin getirdiği teknolojik yenilikler yalnızca dağıtım ve tüketim süreçleriyle sınırlı olmayıp üretim aşamalarında da kapsamlı değişikliklere yol açmıştır. Yapay zekânın senaryo geliştirme, oyuncu seçimi ve post-prodüksiyon süreçlerine entegre edilmesi, maliyetleri düşürüp üretim süreçlerini hızlandırmış; ancak yaratıcı özgünlüğün algoritmalarla indirgenmesi konusunda etik ve sanatsal tartışmalara zemin hazırlamıştır. Öte yandan VR, AR ve metaverse gibi yeni medya teknolojilerinin sinemada kullanımı, izleyicilerin gerçeklik algısını dönüştürme ve interaktif, katılımcı içeriklerle etkileşim sağlama potansiyeline sahiptir. Bu yeni gerçeklik biçimlerinin yaygınlaşması, sanatsal ifade biçimlerini ve sinema tüketimini radikal biçimde yeniden şekillendirme ihtimalini doğurmakta ve sinemanın gelecekteki gelişim yönüne dair önemli soruları gündeme taşımaktadır.

To cite this article :

Özçiftçi, H., & Özçiftçi, A. (2025). The economic and cultural impacts of digitalization on the film industry. *Fivezero*, 5(1), 45-58. <https://doi.org/10.54486/fivezero.2024.42>

*Corresponding Author: Hamza ÖZÇİFTÇİ, hamzaocziftci@gmail.com



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

INTRODUCTION

Over the last thirty years, digitalization has led to profound and extensive transformations in the fields of media and communication. One of the sectors at the core of this transformation is the film industry, which has undergone significant changes from production to distribution, as well as in consumption practices and economic structures (Zengin, 2018; Erdoğan, 2023). The replacement of traditional analog technologies with digital encoding and distribution systems has reduced production costs, diversified production opportunities, and enabled the rapid global dissemination of content (Prince, 2002). In particular, the emergence of Internet-based digital platforms such as Netflix, Amazon Prime, and Disney+ has radically altered audience habits and reshaped the economic dynamics of the film sector (Başer & Söğütlüler, 2023; Zuboff, 2019).

To conceptually interpret the transformation brought about by digitalization, it is useful to draw on Baudrillard's (1981) theory of "simulation and hyperreality," Zuboff's (2019) conceptualization of "platform capitalism," and Hesmondhalgh's (2019) "cultural industries" approach. According to Baudrillard, digital technologies blur the boundaries of reality, transporting the viewing experience into a hyperreal realm (Arda & Akyol, 2020). Zuboff underscores the emergence of a new capitalist model in which digital platforms analyze user data to guide both the production and consumption of content. Within the framework of cultural industries, Hesmondhalgh (2019) asserts that digitalization reinforces economic consolidation and global competition dynamics. Taken together, these three perspectives enable a comprehensive examination—economically, culturally, and technologically—of the digital transformation occurring in the film industry.

In the context of Turkey, the digitalization process has brought about radical transformations in cinema theater operations, film production, and distribution practices (Erkılıç & Duruel-Erkılıç, 2021). Notably, during the COVID-19 pandemic, the closure of movie theaters rendered digital platforms the primary bridge between audiences and film producers, substantially altering the traditional business model dependent on theater revenues (Başer & Söğütlüler, 2023; Yüksel, 2022). Although this situation has created opportunities for independent films and local content to enter global circulation, it has also fueled debates on issues such as monopolization, standardization, and platform dependence in the sector (Hesmondhalgh, 2019; Özen & Çelenk, 2006).

The new competitive conditions brought by digitalization have generated different strategies for independent and major producers. While independent productions have gained the opportunity for global visibility, major studios (e.g., Disney, Netflix) have increased their investments in content and strengthened their brand dominance through global platforms (Erdoğan, 2023; Zengin, 2018). Nevertheless, the transformation of content production processes into algorithmic models under platform capitalism raises concerns about the standardization of cultural and artistic production (Hesmondhalgh, 2019; Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]).

This study aims to examine various facets of how digitalization is reflected in the film sector, including economic transformation, cultural production and consumption practices, competition between independent filmmakers and major studios, the position of local platforms in international markets, and the potential effects of future technological developments on the industry. The central research question is to determine what kinds of transformations digital platforms and innovative technologies (artificial intelligence, VR, metaverse) have brought about in the economic and cultural structure of the film industry. Throughout the study, both theoretical frameworks and empirical data will be employed to provide a comprehensive assessment of the current impact of digitalization on the film sector and potential scenarios for the future.

DIGITALIZATION AND THE FILM INDUSTRY

The Definition of Digitalization and Its Relationship with Cultural Economy

Digitalization refers to the transition from analog formats to digital encoding and data processing methods, representing not merely a technological renewal but also prompting profound changes in social, economic, and cultural dynamics (Baudrillard, 1981; Benjamin, 2013). Zuboff (2019) underlines that digitalization, which gained momentum particularly through microelectronic and information revolutions in the late 20th century, has restructured economic and social frameworks. In the film industry, this transformation manifests itself in the conduct of production, distribution, and exhibition processes via digital platforms, as well as in changes to audience content consumption patterns (Erdoğan, 2023; Yüksel, 2022).

Hesmondhalgh (2019) notes that digitalization has engendered a comprehensive reorganization of media industries, ranging from production processes to market strategies. A comparable shift has been observed in the sports sector. Urganoglu and Koçyiğit (2023) investigated how digitalization—involving vehicle simulators, artificial intelligence, and data analytics—affects strategy development processes in Formula 1. Because physical testing in Formula 1 is both costly and limited, digital simulations have become increasingly crucial, enabling data-driven decision-making in race strategies (Urganoglu & Koçyiğit, 2023). Similarly, in the film industry, digitalization has introduced transformations such as AI-based content creation and recommendation systems relying on audience data. Accordingly, the digital transformation of the film industry can be examined from technological, cultural, and economic perspectives. Technologically, traditional film equipment has been replaced by digital cameras, computer-based editing systems, and cloud-computing-supported distribution networks (Prince, 2002; Zengin, 2018). Culturally, audiences have shifted from passive consumers to more active participants in content production and distribution through social media and online platforms (Arda & Akyol, 2020; Atmacaoğlu, 2021). Economically, traditional business models dependent on box-office revenues have been supplanted by digital revenue models such as subscriptions, advertising, and video-on-demand (VoD) (Başer & Söğütlüler, 2023).

The concept of “cultural economy” explains how cultural products circulate as commercial commodities shaped by capital dynamics (Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]; Hesmondhalgh, 2019). With digitalization, large media corporations’ shift toward platform-based business models not only exacerbates tendencies toward monopolization but also influences global competitive structures (Erdoğan, 2023). Zuboff’s (2019) concept of “platform capitalism” highlights how digital platforms transform user data into economic value, underscoring the importance of understanding how content production processes are directed within the film industry (Atmacaoğlu, 2021).

While digital platforms enhance the global visibility of independent productions by reducing distribution costs, the economic strategies developed by major media companies consolidate power around certain platforms in the sector (Zengin, 2018; Anadolu, 2020). In Turkey, local platforms such as BluTV, Exxen, and Gain have embraced “glocal” content strategies to compete with global players like Netflix and Disney+ (Yüksel, 2022; Erdoğan, 2023). However, this competitive environment also introduces risks of monopolization and standardization in content production (Başer & Söğütlüler, 2023).

In conclusion, digitalization has transformed the film industry technologically, culturally, and economically, reshaping production, distribution, and consumption practices. Yet, tendencies toward monopolization, data privacy concerns, and the shaping of content production by commercial imperatives remain central to critical debates about the future of the industry (Zuboff, 2019; Erdoğan, 2023).

The Emergence and Proliferation of Digital Platforms

The rise of digital platforms has fundamentally transformed traditional production and distribution systems within the film industry. The development of internet-based broadcasting accelerated notably in the late 2000s with the increase in bandwidth and improvements in data transfer speeds (Erdoğan, 2023). Platforms such as Netflix, Amazon Prime Video, and Disney+ have moved beyond physical media and theater-based distribution models, thereby creating new viewing habits (Zuboff, 2019). In Turkey, local platforms like BluTV, Gain, and Exxen have focused on producing localized content to compete with global players (Yüksel, 2022).

Netflix began operating in 1997 using a DVD rental model and transitioned to online broadcasting in 2007, thus expediting the industry's transformation (Hesmondhalgh, 2019). Its subscription-based business model offers consumers online access to content without purchasing physical copies, thereby altering viewing practices. In traditional distribution models, a film would first screen in theaters and then be released on DVD or television (Başer & Söğütlüler, 2023). However, with the rise of digital platforms, these intervals have significantly shortened, and simultaneous release strategies have become widespread (Erkılıç & Duruel-Erkılıç, 2021).

Digital platforms have enabled not only large-budget productions but also independent films to reach broader audiences (Zengin, 2018). Yet their content recommendation systems can direct users toward specific genres, giving rise to a risk of homogenization in viewing preferences (Atmacaoğlu, 2021).

Competition between movie theaters and digital platforms underwent a major transformation particularly during the pandemic. Throughout the COVID-19 period, many major productions were released directly on digital platforms, threatening the financial sustainability of movie theaters (Erdoğan, 2023). In response, theaters have embraced innovative technologies such as IMAX, 4DX, and VIP auditoriums to remain competitive (Başer & Söğütlüler, 2023).

In conclusion, the rise of digital platforms has reshaped new economic models and audience habits in the film industry. While this development has broadened global access for independent productions, it has also strengthened the market dominance of large media companies (Özen & Çelenk, 2006; Zengin, 2018).

The Impact of Digitalization on Film Production and Distribution Processes: Industrial Transformation and New Dynamics

Digitalization has led to profound changes in the production and distribution processes of the film industry, creating both new opportunities and challenges for major studios and independent filmmakers alike. Digital filmmaking techniques have replaced analog processes, reducing production costs while increasing global accessibility (Zengin, 2018; Anadolu, 2020).

In the production phase, digital cameras and computer-assisted editing systems have accelerated filmmaking processes and reduced costs. High-resolution digital sensors, which have replaced traditional analog cameras, provide greater flexibility in post-production and eliminate the need for physical film stock (Prince, 2002). Digital effects technologies such as Computer-Generated Imagery (CGI) and Visual Effects (VFX) are no longer exclusive to big-budget productions; they have also become accessible to independent filmmakers, thereby expanding visual storytelling possibilities (Özen & Çelenk, 2006). Additionally, green screen and motion capture technologies, which were once monopolized by major studios, have become widespread, enabling broader access to advanced visual effects (Hesmondhalgh, 2019).

The impact of digitalization extends beyond production processes and has also led to major

transformations in film distribution. Traditionally, films were first released in movie theaters before being distributed via DVD, Blu-ray, or television broadcasts (Başer & Söğütlüler, 2023). However, with the rise of digital platforms, this windowing system has undergone a radical shift (Erdoğan, 2023). Today, many films are released simultaneously in cinemas and on digital platforms or become available online shortly after their theatrical release (Erkılıç & Duruel-Erkılıç, 2021).

Online platforms have now become the dominant actors in film distribution, creating both new opportunities and competitive pressures for major studios and independent producers. Streaming services such as Netflix, Amazon Prime, Disney+, and BluTV now directly compete with movie theaters and, in many cases, have begun to acquire exclusive rights to premieres, effectively bypassing traditional theatrical distribution (Başer & Söğütlüler, 2023). The COVID-19 pandemic further accelerated this process, increasing the prevalence of simultaneous release models and significantly impacting cinema revenues (Erdoğan, 2023).

Digitalization has not only transformed the distribution of major productions but has also provided global visibility for independent cinema. In traditional distribution models, independent films were often limited to screenings in select theaters, whereas digital platforms have allowed them to reach audiences worldwide (Zengin, 2018). Online film festivals and digital film markets have created new mechanisms that enhance the international visibility of independent productions (Anadolu, 2020). However, this shift has also strengthened the position of major digital platforms as gatekeepers in content distribution, raising concerns about the influence of algorithms in shaping audience preferences (Atmacaoğlu, 2021).

The impact of digitalization on the film industry is not limited to technical and economic transformations. When evaluated within Walter Benjamin's (2013) concept of the "mechanical reproduction of art," digital film production introduces new dynamics that challenge the notion of artistic authenticity. Although the ability to reproduce films infinitely in digital formats has facilitated their global circulation, commercial considerations have increased the risk of content standardization (Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]).

In conclusion, digitalization has introduced a new paradigm in the film industry by offering speed, cost advantages, and global accessibility (Benjamin, 2013; Erdoğan, 2023). However, this transformation has also given rise to monopolization, platform dependency, and the homogenization of content production (Zuboff, 2019). The opportunities and challenges presented by digitalization remain critical factors shaping the future of the film industry.

THEORETICAL FRAMEWORK

To comprehensively analyze the impact of digitalization on the film industry, multiple theoretical approaches must be considered together. Cinema is not only an artistic and cultural domain of production but also a sector shaped by industrial and economic dynamics. Therefore, examining the changes brought by digitalization—ranging from film production to distribution, audience habits, and transformations in economic structures—requires a multidimensional theoretical framework (Hesmondhalgh, 2019; Özen & Çelenk, 2006; Zengin, 2018).

Three fundamental theoretical approaches emerge in this context. The first is the cultural industries perspective, which conceptualizes cinema not merely as an artistic endeavor but also within the framework of capital dynamics, media ownership structures, and global market conditions (Hesmondhalgh, 2019). The second is the platform capitalism and digital economy framework, which examines the economic structure of digital platforms, data-driven content production processes, and new business models that challenge traditional distribution channels (Zuboff, 2019). The third is the consumer culture and hyperreality perspective, which evaluates the impact of digitalization on cinematic

aesthetics and audience experience, particularly through concepts such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), and simulation (Baudrillard, 1981).

These theoretical frameworks provide a comprehensive lens through which to interpret the transformations in the film industry, encompassing the rise of digital platforms, shifts in film production processes, competition between independent productions and major studios, and the influence of artificial intelligence and emerging technologies on the sector.

Cultural Industries and Media Economy (David Hesmondhalgh)

Within the contemporary media ecosystem, where cultural production is deeply intertwined with economic and industrial dynamics, the film industry is regarded as a key component of the cultural industries (Hesmondhalgh, 2019). Cinema operates as both an artistic and commercial domain, shaped by the power relations between major media corporations and independent producers (Özen & Çelenk, 2006).

The impact of digitalization on the film industry has triggered a broad transformation spanning production and distribution processes. In particular, the rise of digital platforms has disrupted the traditional theater-based exhibition model, leading to the emergence of new business structures (Erdoğan, 2023; Zengin, 2018). Platforms such as Netflix, Amazon Prime, and Disney+ have reshaped content production and consumption through digital infrastructures, effectively aligning the film industry with the principles of platform capitalism (Zuboff, 2019).

Hesmondhalgh (2019) highlights the increasing capital concentration in cultural industries, analyzing how the growing market power of major media conglomerates influences competitive dynamics. For example, the Disney-Fox merger fostered both vertical and horizontal integration in media ownership structures, further constraining independent producers (Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]).

On the other hand, digitalization has also created new opportunities for independent productions. Digital platforms provide alternative distribution channels for independent cinema, which traditionally struggled to access the distribution networks controlled by major studios (Zengin, 2018). However, these opportunities come with challenges, as algorithmic recommendation systems on digital platforms may prioritize certain genres while marginalizing others, thereby influencing audience preferences (Hesmondhalgh, 2019).

In conclusion, the cultural industries perspective offers a critical framework for evaluating the effects of digitalization on the economic structure and production processes of the film industry.

Platform Capitalism and Digital Economy (Shoshana Zuboff)

Digitalization has largely replaced traditional economic models with a new structure known as platform capitalism. Digital platforms are no longer merely content providers; they have evolved into entities that analyze user data and convert it into economic power (Zuboff, 2019).

Platforms such as Netflix, Amazon Prime, and Disney+ utilize artificial intelligence-based recommendation systems to analyze audience preferences, transforming content production into a data-driven process (Atmacaoğlu, 2021). For instance, Netflix's *House of Cards* was developed based on large-scale user data analysis, identifying elements that would attract specific audience segments (Lobato, 2019).

Platform capitalism has intensified monopolization trends within the film industry, positioning major digital platforms as dominant forces in content production (Erdoğan, 2023). This trend became particularly evident during the COVID-19 pandemic, when the closure of theaters led major studios such

as Warner Bros, Universal, and Disney to release their films directly on their own digital platforms, further weakening the traditional box office model (Erkılıç & Duruel-Erkılıç, 2021).

In conclusion, the platform capitalism model has transformed the film industry into an increasingly algorithm-driven economic system, shaping both production strategies and audience engagement.

Consumer Culture and Digitalization (Jean Baudrillard)

Baudrillard's concepts of simulation and hyperreality provide a crucial framework for understanding how reality is constructed in the era of digital cinema (Baudrillard, 1981). Today, CGI (Computer-Generated Imagery) and virtual production techniques have largely replaced physical reality in filmmaking, leading to the creation of fully digital cinematic worlds (Prince, 2002).

Major productions, such as those in the Marvel Cinematic Universe and Avatar, construct hyperreal cinematic universes, reshaping audience perception by blurring the distinction between the real and the artificial (Baudrillard, 1981). In this context, the growing prevalence of binge-watching, or continuous content consumption, is directly linked to Baudrillard's concept of consumer culture (Baudrillard, 1998).

Furthermore, digitalization has transformed cinema from a collective experience into an individualized mode of consumption. The emergence of metaverse-based and VR (Virtual Reality) cinema experiences is shifting traditional movie theaters into virtual spaces, redefining the relationship between the audience and the film (Yüksel, 2022).

In conclusion, Baudrillard's hyperreality framework serves as a critical lens through which to analyze the transformation of aesthetics and consumption practices within the digitalized film industry.

DIGITAL PLATFORM ECONOMY AND TRANSFORMATION IN THE FILM INDUSTRY

Digitalization has not only transformed the production and consumption practices of the film industry but has also restructured its economic models and business structures. Traditionally, the film industry generated revenue through theater-based distribution models, but the rise of digital platforms has radically altered this approach (Erdoğan, 2023; Hesmondhalgh, 2019). The expansion of platforms such as Netflix, Amazon Prime, and Disney+ has placed economic pressure on cinema theaters, forcing the industry to adapt to a new operational framework.

Digital platforms offer an alternative to the collective viewing experience of traditional cinemas by promoting individualized, flexible, and personalized content consumption models (Zengin, 2018). With Industry 4.0, technological advancements such as smart automation, big data, and artificial intelligence have not only contributed to economic growth but also disrupted traditional employment structures by eliminating certain roles (Karakaya, 2021). The increasing digitalization of production processes has fundamentally altered traditional business models, shaping the core dynamics of the new economic order. Algorithmic content recommendation systems and global accessibility strategies have positioned digital platforms as key actors in the film industry, rather than mere content providers (Zuboff, 2019). Thus, the structural differences between traditional cinemas and digital platforms have become one of the most critical forces driving transformation in the sector.

Transformation of Business Models and Economic Structures

For many years, movie theaters operated under an economic model based on ticket sales, concession revenue (e.g., food and beverages), and special screenings (Prince, 2002; Özen & Çelenk,

2006). However, digital platforms have introduced new business models, including subscription-based (SVOD), transactional video-on-demand (TVOD), and ad-supported (AVOD) models, fundamentally reshaping the revenue structures of the film industry (Başer & Söğütlüler, 2023).

Traditional movie theaters rely heavily on box office revenue, following revenue-sharing agreements with major studios (Prince, 2002). However, during the COVID-19 pandemic, many studios adopted a simultaneous release strategy, offering their films both in theaters and on digital platforms, significantly threatening the economic viability of movie theaters (Erdoğan, 2023). One of the most notable examples of this shift was Warner Bros' decision in 2021 to release all its major films on HBO Max simultaneously with their theatrical premieres (Hesmondhalgh, 2019).

Additionally, the windowing strategy, which refers to the traditional staggered release cycle of films (starting in theaters before moving to home entertainment and TV), has been disrupted. Previously, films were available only in theaters for a specific period before transitioning to physical media and television broadcasts. Today, this exclusivity period has significantly shortened, with some productions being released directly on digital platforms (Başer & Söğütlüler, 2023). These changes have significantly altered the distribution of revenue and audience habits within the film industry.

The Impact of Digital Platforms on Independent and Major Film Producers

Digital platforms have created both opportunities and challenges for independent filmmakers and major studios, generating new industry dynamics (Zengin, 2018). While independent productions often face limited access to theatrical distribution, digital platforms have provided them with a global audience reach (Hesmondhalgh, 2019). Platforms such as Netflix, Amazon Prime, and Mubi have enhanced the visibility of independent films through algorithmic discovery systems and broad distribution networks (Zuboff, 2019).

However, alongside these opportunities, certain limitations persist. Large digital platforms prioritize commercialized, high-demand content, often favoring productions with mass appeal over niche or experimental films. This content standardization poses a challenge for independent filmmakers, who may struggle to gain visibility (Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]). For example, platforms such as BluTV and Netflix tend to exclude certain types of content that do not align with dominant audience preferences (Özen & Çelenk, 2006).

From the perspective of major studios, digital platforms reduce dependency on traditional box office performance by enabling direct-to-consumer distribution. Studios such as Disney, Warner Bros, and Universal have developed their own streaming services (e.g., Disney+, HBO Max) to retain greater control over distribution and maximize profitability (Yüksel, 2022). However, this shift has also intensified market concentration, reinforcing the dominance of large studios while increasing risks of monopolization and content homogenization within the industry (Erdoğan, 2023).

New Competitive Dynamics in the Global Film Market Brought by Digitalization

The impact of digitalization is not limited to local film markets; it has also fundamentally altered the nature of competition on a global scale. Traditionally, film screenings were restricted to specific geographical regions and time constraints due to the physical limitations of cinema theaters. However, digital platforms have eliminated these barriers, enabling films to be released simultaneously worldwide through flexible access models (Hesmondhalgh, 2019; Erdoğan, 2023).

Netflix, in particular, has leveraged an aggressive global expansion strategy, utilizing localized content production and algorithmic recommendation systems to attract large audiences across different regions (Zuboff, 2019). Similarly, Amazon Prime Video and Disney+ have diversified their content

strategies by targeting regional markets, thereby gaining a competitive edge in global distribution (Başer & Söğütölür, 2023).

This transformation has had varied effects on local film industries. In countries like Turkey, platforms such as BluTV, Exxen, and Gain have sought to compete against global streaming giants by producing content tailored to national audiences (Yüksel, 2022). The strategy of “glocalization” has allowed these platforms to adapt global market trends while maintaining a localized production focus, thereby strengthening their position in international competition (Anadolu, 2020).

In conclusion, digitalization has reshaped the production and distribution strategies of the film industry, creating new economic dynamics that challenge traditional models. While digital platforms offer new opportunities for major studios and independent filmmakers, they also raise concerns regarding monopolization, content standardization, and economic sustainability (Hesmondhalgh, 2019; Zengin, 2018). As global competition continues to intensify, these dynamics will remain one of the most defining factors shaping the future of the film industry.

DIGITAL PLATFORM TECHNOLOGIES AND THE FUTURE OF CINEMA

The rapid advancement of digitalization and new media technologies is transforming the film industry in both production processes and audience consumption patterns. Traditional cinema models, which have long been structured around specific narrative techniques and physical viewing experiences, are now undergoing a paradigm shift due to innovative technologies such as artificial intelligence (AI), virtual reality (VR), and the metaverse (Zuboff, 2019; Erdoğan, 2023). This transformation is not limited to technical advancements alone but also redefines the cultural, economic, and aesthetic dimensions of cinema (Hesmondhalgh, 2019).

With the rise of digital platforms, content production has become increasingly data-driven, with filmmaking processes optimized through algorithms and automation systems (Zengin, 2018; Atmacaoğlu, 2021). In parallel, VR and metaverse-based cinema experiences are shifting audience engagement away from traditional viewing practices toward more interactive and immersive experiences. However, the long-term impact of these technologies on artistic creativity remains a subject of debate, particularly regarding concerns about the mechanization of content production and the preservation of aesthetic originality (Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]).

This section will explore the impact of digital platform technologies on film production, covering a broad perspective that includes AI-assisted content creation and metaverse-based cinema experiences.

Artificial Intelligence and Film Production

Artificial intelligence (AI) is playing an increasingly significant role in the film industry, fundamentally transforming content production processes. AI-powered systems are now being used in various stages, including screenwriting, post-production, distribution, and audience data analysis, leading to reduced production costs and accelerated workflows (Atmacaoğlu, 2021; Zuboff, 2019).

One of the most common applications of AI in the film industry is screenwriting and content analysis. Algorithms trained on large datasets analyze past box office performances, audience reviews, and narrative trends to provide data-driven recommendations for screenwriters (Başer & Söğütölür, 2023). AI-assisted text generation systems can learn storytelling patterns across different genres, create draft screenplays, and collaborate with human creativity to develop unique narratives (Arda & Akyol, 2020). However, this process also increases the risk of narrative standardization and over-reliance on formulaic storytelling structures (Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]).

Another major area of AI-driven transformation in filmmaking is visual and audio effects

development. AI-powered computer-generated imagery (CGI) and visual effects (VFX) technologies enable faster and more cost-effective production, leveraging object recognition and facial tracking systems (Prince, 2002). Motion capture technology, supported by AI, enhances realistic character movements in action sequences and facilitates the restoration and digital adaptation of older films (Zengin, 2018).

AI is also reshaping audience data analysis and content recommendation systems. Subscription-based digital platforms collect large-scale user data, which AI algorithms analyze to personalize content recommendations (Zuboff, 2019; Erdoğan, 2023). In the film industry, AI-powered systems optimize content production similarly to talent management systems in other creative fields (Ahat, 2023). Filmmakers and producers use AI-driven audience insights to predict which genres and themes will perform best, directing their investment strategies accordingly. However, this data-centric decision-making approach raises concerns about the commercialization of artistic creativity and the dominance of market-driven storytelling (Baudrillard, 1981).

Moreover, AI-powered content production brings ethical and legal challenges. Technologies such as digital actors, AI-generated performances, and deepfake manipulations raise questions about intellectual property rights and the perception of authenticity in cinema (Benjamin, 2013; Erdoğan, 2023). Recent Hollywood actor and writer strikes have highlighted uncertainties regarding the role of AI in creative processes, emphasizing the need for clear regulatory frameworks (Arda & Akyol, 2020).

Metaverse, VR Cinema, and New Experiences

The impact of digitalization on the film industry extends beyond content production processes, fundamentally transforming the viewing experience. Metaverse and virtual reality (VR) technologies are reshaping audience engagement by moving beyond traditional cinematic practices and creating a hybrid form that blends cinema and gaming (Baudrillard, 1981; Atmacaoğlu, 2021).

The metaverse provides a virtual environment where users interact through digital avatars, allowing cinema experiences to be redefined within social, immersive digital spaces (Başer & Söğütülür, 2023). Meanwhile, VR cinema offers audiences a 360-degree narrative experience, breaking away from conventional cinematic formats (Anadolu, 2020). Filmmakers are exploring techniques that extend beyond classic cinematography, using directed gaze methods to guide viewers through specific storylines while integrating interactive elements that allow audiences to actively participate in narratives (Prince, 2002).

The widespread adoption of these new technologies depends largely on economic and technical requirements. VR and metaverse-based cinematic experiences demand expensive hardware and software, which has so far limited their accessibility to a broad audience (Zengin, 2018). However, if digital platforms introduce exclusive film screenings in the metaverse or integrate VR content into subscription services, these technologies could gain faster adoption and mainstream popularity (Hesmondhalgh, 2019).

From a cultural perspective, VR and metaverse cinema have the potential to individualize the collective viewing experience traditionally offered by cinema theaters (Horkheimer & Adorno, 2002 [1947]). This shift raises new debates about how cinema will be positioned as a social experience in the digital age.

In conclusion, digital platform technologies are transforming the film industry in both production and audience engagement, introducing new dynamics through AI, VR, and the metaverse. However, this transformation must be critically assessed in terms of its impact on the aesthetic authenticity of cinema and the future of creative storytelling.

CONCLUSION

The process of digitalization has profoundly transformed the film industry in terms of production, distribution, and consumption practices, reshaping its economic and cultural structure. The traditional theater-centered distribution model has been largely replaced by digital platforms, creating a new content consumption ecosystem that eliminates spatial and temporal limitations. While this transformation has provided new opportunities for both major studios and independent filmmakers, it has also introduced risks such as monopolization, content standardization, and algorithm-driven curation.

One of the most prominent effects of digitalization in the film industry has been the widespread adoption of AI-driven content production and distribution processes. Digital platforms analyze viewing habits and develop data-driven content strategies, which, in turn, risk shifting artistic creativity toward a market-driven model. From the perspective of Hesmondhalgh's (2019) cultural industries approach, the increasing economic power of major media companies has led to the marginalization of independent productions and a growing tendency to adhere to commercially driven narrative structures.

However, digitalization has also opened significant opportunities for independent cinema. Filmmakers struggling to access traditional distribution channels have gained the ability to reach global audiences through digital platforms, allowing even low-budget projects to achieve international visibility. Yet, this transformation has also heightened dependency on platform policies and content recommendation algorithms, raising concerns about structural limitations for independent creators.

The economic dimension of digitalization in the film sector, as analyzed through Zuboff's (2019) concept of platform capitalism, highlights the increasing commercialization of user data and the dominance of algorithm-driven content production. Digital platforms, through subscription-based and ad-supported revenue models, have strengthened the financial influence of major media companies while simultaneously undermining traditional box office revenue models.

The rise of metaverse, virtual reality (VR), and augmented reality (AR) technologies further signals a shift from a passive cinematic experience toward interactive and immersive forms of engagement. However, in the context of Baudrillard's (1981) concept of hyperreality, the extent to which VR and metaverse-based cinema will alter audience perceptions of reality and how they will coexist with traditional film formats remains a crucial area of debate.

In conclusion, digitalization has redefined the economic and cultural dynamics of the film industry, offering both opportunities and challenges for major studios and independent filmmakers alike. While AI and big data analytics have increased efficiency in content production, they have also posed risks in terms of artistic originality and aesthetic diversity. As digital platforms continue to expand globally, the necessity of developing new business models for the economic sustainability of the film sector becomes more evident.

The future of the film industry will largely depend on technological advancements, evolving audience behaviors, and regulatory policies shaping the sector. The competition between traditional theaters and digital platforms is likely to evolve into hybrid distribution strategies, making this transition one of the defining forces of the industry's trajectory. The ability of film as an art form and an industry to preserve its creative originality will ultimately depend on how it balances technological innovations with artistic expression.

Ethical Statement

I declare that ethical guidelines were strictly adhered to during the preparation of this study.

Author Contributions

Research Design (CRediT 1): Author 1 (50%) – Author 2 (50%)

Data Collection (CRediT 2): Author 1 (50%) – Author 2 (50%)

Investigation, Data Analysis, Validation (CRediT 3–4–6–11): Author 1 (50%) – Author 2 (50%)

Manuscript Writing (CRediT 12–13): Author 1 (50%) – Author 2 (50%)

Editing and Text Revision (CRediT 14): Author 1 (50%) – Author 2 (50%)

Funding

This study was not funded by any institution or organization.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest in this study.

Sustainable Development Goals (SDG)

Sustainable Development Goals 4 – Quality Education

The increased accessibility of film and media content through digital platforms contributes to the dissemination of cultural education. Moreover, the transformation of creative industries offers new opportunities for young individuals and educational institutions.

Sustainable Development Goals 8 – Decent Work and Economic Growth

Digitalization fosters the emergence of new business models and economic structures within the film industry. In particular, it enhances global accessibility for independent filmmakers, thereby supporting the growth of the creative economy.

Sustainable Development Goals 9 – Industry, Innovation and Infrastructure

The integration of technologies such as artificial intelligence, virtual reality, and the metaverse into the film sector contributes to the strengthening of digital infrastructure and the advancement of innovative production methods.

Sustainable Development Goals 10 – Reduced Inequalities

Digital platforms enable independent productions, which often lack access to traditional distribution channels, to achieve global visibility. This development supports a more equitable structure in terms of cultural production and accessibility.

REFERENCES

- Ahat, K. (2023). *Yapay zekâ destekli dijital yetenek yönetimi teknolojilerinin uygulanması: Bir literatür analizi ve model önerisi*. *Five Zero*, 3(1), 163-191.
- Anadolu, A. (2020). *Dijitalleşmenin Sinema Endüstrisine Etkisi: Küresel ve Yerel Boyutlar*. İstanbul: Medya ve Kültür Yayınları.
- Arda, B., & Akyol, A. (2020). *Hipergerçeklik ve Simülasyon: Dijital Kültürde Anlamın Dönüşümü*. İstanbul: Kültür ve Sanat Araştırmaları Derneği.
- Atmacaoğlu, M. (2021). *Dijital Platform Ekonomisi ve Sinema Sektörü: Yapay Zekâ, Algoritmalar ve İçerik Üretimi*. Ankara: Medya ve Toplum Yayınları.
- Aytaç, M., & Yavuz, G. (2024). Netflix çağı: Dijital seyir platformları ve belgesel sinemada anlatının dönüşümü. *İdil*, 13(113), 59–69. <https://doi.org/10.7816/idil-13-113-04>
- Baudrillard, J. (1981). *Simulacres et Simulation*. Paris: Galilée. (Türkçesi: Simülakrlar ve Simülasyon, Çev. O. Adanır, 2013, Doğu Batı Yayınları).
- Başer, Z., & Söğütöller, G. (2023). *Sinema ve Dijitalleşme: Kültürel Endüstrilerde Yeni Dönüşümler*. İstanbul: Sinema ve Medya Araştırmaları Derneği.
- Benjamin, W. (2013). *The Work of Art in the Age of Mechanical Reproduction*. London: Penguin Books. (Türkçesi: Mekanik Yeniden Üretim Çağında Sanat Yapıtı, Çev. A. B. Toprak, 2014, İletişim Yayınları).
- Erkılıç, A., & Duruel-Erkılıç, S. (2021). *Sinema Endüstrisinde Dijital Dönüşüm ve Yeni İzleyici Alışkanlıkları*. Ankara: İletişim Araştırmaları Derneği.
- Erdoğan, M. (2023). *Medya Endüstrilerinde Dijitalleşme ve Sinema: Küresel Rekabet ve Kültürel Üretim*. İstanbul: Kültürel Ekonomi Yayınları.
- Hesmondhalgh, D. (2019). *The Cultural Industries*. London: SAGE Publications.
- Horkheimer, M., & Adorno, T. W. (2002 [1947]). *Dialectic of Enlightenment: Philosophical Fragments*. Stanford, CA: Stanford University Press. (Türkçesi: Aydınlanmanın Diyalektiği, Çev. N. Ülner, 2018, Metis Yayınları).
- Karakaya, O. (2021). *Türkiye’de dijital dönüşüm, ekonomik büyüme işsizlik ilişkisi*. *Five Zero*, 1(1), 1-12.
- Lobato, R. (2019). *Netflix Nations: The Geography of Digital Distribution*. New York: NYU Press.
- Özen, Y., & Çelenk, S. (2006). *Kültürel Endüstriler ve Türkiye’de Sinema Ekonomisi*. İstanbul: Kültür Politikaları Yayınları.
- Prince, S. (2002). *A New Pot of Gold: Hollywood under the Electronic Rainbow, 1980–1989*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Srnicek, N. (2017). *Platform Capitalism*. Cambridge: Polity Press.
- Urganoğlu, F., & Koçyiğit, N. (2023). *Dijitalleşmenin sektörel etkileri: Formula 1 örneği*. *Five Zero*, 3(2), 328-340. <https://doi.org/10.54486/fivezero.2023.31>
- Van Dijck, J. (2013). *The Culture of Connectivity: A Critical History of Social Media*. Oxford: Oxford University Press.
- Van Dijck, J., Poell, T., & de Waal, M. (2018). *The Platform Society: Public Values in a Connective World*. Oxford: Oxford University Press.

- Yüksel, H. (2022). Dijitalleşme bağlamında Türkiye’de televizyon yayıncılığının dönüşümü: Disney Plus platformu. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 523–538.
<https://doi.org/10.30692/sisad.1107757>
- Zengin, F. (2018). Dijital dönüşüm çağında dijital sinemanın avantajları ve ortaya çıkardığı yeni sorunlar. *Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(21), 844–859.
<https://doi.org/10.26450/jshsr.429>
- Zuboff, S. (2019). *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York: PublicAffairs. (Türkçesi: Gözetim Kapitalizmi Çağı, Çev. A. Yıldız, 2021, Tellekt Yayınları).

Sürdürülebilirlik Perspektifinden Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları Üzerine Etkisi

İbrahim ÖZTÜRK 

Necmettin Erbakan Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Konya, Türkiye

Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 27.04.2024
Kabul Tarihi: 23.12.2024
Yayın Tarihi: 30.06.2025

Anahtar Kelimeler:
Sürdürülebilirlik,
endüstri 4.0,
tedarik zinciri yönetimi.

ÖZET

Bilgi teknolojisinin iş süreçlerinde performansı artırmadaki önemli rolü göz önünde bulundurarak, bu çalışma sürdürülebilirlik perspektifinden Endüstri 4.0 teknolojisi ve bununla ilişkilendirilen teknolojik ilerlemelerin Tedarik Zinciri yönetimi performansına olan potansiyel etkisini araştırmayı hedeflemektedir. Birçok şirket, artan iklim değişikliği etkilerine karşı operasyonel sürdürülebilirliği sağlamak, doğal kaynakları azaltmak ve çevresel konularda tüketici bilincini artırmak için Endüstri 4.0 teknolojilerini benimsemektedir. Akıllılık ve sürdürülebilirlik kavramlarının hazır olgunluk değerlendirmesi iç içe olmasına rağmen, hiçbir çalışma aynı anda bu kavramlara odaklanmamaktadır. Çalışmada, literatür taraması yaparak Sürdürülebilirlik perspektifinden Endüstri 4.0 teknolojisinin tedarik zinciri yönetiminin fonksiyonları üzerindeki etkisini araştırarak desteklenen operasyonel bir çerçeveye kavramsallaştırmaya ve geliştirmeye çalışılmaktadır. Konya'da faaliyet gösteren otomotiv sektöründe traktör, dizel motor ve elektrikli forklift üreten Tümosan fabrikasında üretim mühendislerle bir anket çalışması hazırlayarak çıkan sonuçlarının analizi yaparak doğrulanmaktadır. Çalışmada önceki bölümlerde sunulan literatür taramasının temel bilgileri alınarak, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimin olgunluk seviyesi incelenmiştir. Modelinin özellikle Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirlik kavramının üç temel boyutu olan sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarda tedarik zinciri yönetimi ile ne ölçüde entegre olduğunu ne kadar katkıda bulunduğunu, organizasyonel hedeflere ne kadar dahil edildiği ve performans ve olgunluk seviyesi hangi seviyeye geldiğini değerlendirmektedir. Böylece endüstri 4.0 teknolojilerin tedarik zinciri yönetimine adaptasyonunda sürekli AR-GE çalışmaları yaparak sürdürülebilirlik ve yenilik faaliyetlerini destekleyerek var olan durumları bir performans ve olgunluk yaklaşımı ile değerlendirilmesi, performans ve olgunluk ölçülmesi ve hedeflerin belirlenmesi gibi olumlu bir şekilde sonuçlanabilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileri ve sürdürülebilir tedarik zinciri olgunluk yaklaşımı modelinin fonksiyonlarını 12 adet teknoloji ve 10 adet sürdürülebilirlik fonksiyonunun üç ana boyut (sosyal, çevresel ve ekonomik) olarak tasarlanmaktadır.

The Effect of Industry 4.0 Technologies on Supply Chain Management Functions from A Sustainability Perspective

Article Info

Received: 27.04.2024
Accepted: 23.12.2024
Published: 30.06.2025

Keywords:
Sustainability,
industry 4.0,
supply chain management.

ABSTRACT

Considering the important role of information technology in improving performance in business processes, this study aims to investigate the potential impact of Industry 4.0 technology and associated technological advances on supply chain management performance from a sustainability perspective. Many companies are adopting Industry 4.0 technologies to ensure operational sustainability against increasing climate change effects, reduce natural resources and increase consumer awareness on environmental issues. Although the concepts of smartness and sustainability are intertwined in the maturity assessment, no study focuses on these concepts simultaneously. In the study, an operational framework is attempted to be conceptualized and developed by investigating the impact of Industry 4.0 technology on the functions of supply chain management from a sustainability perspective by conducting a literature review. A survey study is conducted with production engineers in the Tümosan factory in Konya, which produces tractors, diesel engines and electric forklifts in the automotive sector, and the results are analyzed and verified. The maturity level of sustainable supply chain management is examined by taking the basic information from the literature review presented in the previous sections. The model evaluates to what extent Industry 4.0 technologies are integrated with supply chain management in the three basic dimensions of the sustainability concept, namely social, environmental and economic dimensions, how much they contribute, how much they are included in organizational goals and what level of performance and maturity level they have reached. Thus, by continuously conducting Research and Development studies in the adaptation of Industry 4.0 technologies to supply chain management, by supporting sustainability and innovation activities, evaluating existing situations with a performance and maturity approach, measuring performance and maturity and determining targets can yield positive results. The functions of the industry 4.0 technologies and sustainable supply chain maturity approach model are designed as 12 technologies and 10 sustainability functions in three main dimensions (social, environmental and economic).

Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Öztürk, İ. (2025). Sürdürülebilirlik perspektifinden endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları üzerine etkisi. *Fivezero*, 5(1), 59-80. <https://doi.org/10.54486/fivezero.2024.42>

*Sorumlu Yazar: İbrahim ÖZTÜRK, ibrahim.jbour@gmail.com



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

GİRİŞ

Her geçen gün Dünya kaynakları azalmakta ve üretim hacmi artmaktadır. Bununla beraber son yıllarda küresel rekabet artmakta ve tüketici taleplerindeki çeşitlilik fazlaşmaktadır. Tüm bu yaşanan gelişmeler tedarik zinciri süreçlerindeki karmaşayı beraberinde getirmektedir (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). Etkin tedarik süreçlerinde, gerçek zamanlı bilgi paylaşımı ve zincirdeki her adımın etkin koordinasyonu önemli rol oynamaktadır. Bu durum ise şirketlerin tedarik zinciri süreçlerinde daha akıllı ve sürdürülebilir paradigmlar kullanmasını gerekli kılmaktadır (Dev ve ark., 2020). Günümüzde, satın alma kararları, tedarikçi seçimi, üretim ve dağıtım süreçlerinin planlanması ve koordinasyonu, müşteri geri bildirimlerinin alınması ve taleplerine karşılık verilmesi, teslimat ve satış sonrası hizmetler vb. operasyonların sürdürülmesi, izlenmesi ve gerçek zamanlı takibi, dijital tedarik zincirlerine uyum sağlayarak gerçekleştirilmektedir (Ghadimi ve ark., 2018; Sahay ve Ranjan, 2008). Birçok endüstri, halihazırda e-business teknolojisini kullansa da operasyonel verimliliği arttırmak için yeni inovasyonlara ihtiyaç duyulmaktadır (Srinivasan ve Swink, 2015). Karmaşık ve sürekli değişen iş ortamı ile birlikte müşteri talepleri, kuruluşlarda esneklik ve hızlı yanıt verme ihtiyacını arttırmakta, bu ise dikkatleri ileri teknolojik yeniliklere çevirmektedir (Fatorachian ve Kazemi, 2021). Kuruluşlar; teknolojiyi, sürdürülebilir performans ile gelecekteki başarıyı sağlamak için güçlü bir stratejik silah olarak görüp hızla artan büyük ölçekteki verileri; kontrol edilebilir, akıllı ve sürdürülebilir tedarik zincirlerini desteklemek için kullanmaktadır (Jabbour ve ark., 2020; Barrientos ve ark., 2017). Bu hedef doğrultusunda, Endüstri 4.0 adı verilen dördüncü sanayi devrimi ile birlikte, teknolojik inovasyonları geliştirmek için otomasyon ve robotlaşma alanında büyük yatırımlar yapılmaktadır. Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimi ve tedarik zincirlerine entegrasyonu, dördüncü sanayi devrimi olan Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Ghadge ve ark., 2020). Endüstri 4.0'ın en belirgin etkisinin endüstriyel üretim ve yönetim; lojistik ve iş süreci alanlarında olması beklenmektedir (Strange ve Zucchella, 2017). Endüstri 4.0'ın başlangıcından bu yana üretkenliği ve performansı arttırmak için bu yeni sanayi devriminin ilke ve teknolojilerini benimseyen şirket sayısı giderek artmaktadır (Barreto vd., 2017). Bu bağlamda Endüstri 4.0 trendini takiben, tedarik zinciri ağlarında Endüstri 4.0 uygulamasına yönelik araştırmalara duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır (Akkara ve Kuriakose, 2023).

Çalışmanın ilk etapta hem Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminin 10 tane fonksiyonu kısaca bahsedildikten sonra Endüstri 4.0'ın 12 tane teknolojisinin tek tek küçük paragraflarla açıklanmıştır. Sonraki bölümde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimin olgunluk seviyesi ölçülenebilmesi için uygulanan yöntemin metodoloji kısmında detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Konyada faaliyet gösteren Tümosan fabrikasında modelinin özellikle Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirlik kavramının üç temel boyutu olan sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarda tedarik zinciri yönetimi ile ne ölçüde entegre olduğunu, ne kadar katkıda bulunduğunu, organizasyonel hedeflere ne kadar dahil edildiği ve performans ve olgunluk seviyesi hangi seviyeye geldiğini değerlendirmek için üretim mühendisleri ile uygulamış olduğumuz anket çalışması yapılmıştır. Son olarak, makale, önerilen modelin önemini vurgulayarak ve gelecekteki araştırmalar için yollar önererek sona ermektedir.

ENDÜSTRİ 4.0 VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminde Endüstri 4.0 teknolojileri katkısı ve bu 2 kavramı nasıl bütünleştiğine dair bilginin mevcut durumu bu bölümde incelenecektir. Endüstri 4.0 bağımsız değişken ve sürdürülebilirlik bağımlı değişken gibi düşünüp 3 boyuta göre sınıflandırılacaktır.

Literatürde birtakım çalışmalarda endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirliğin sosyal boyutuna olan katkısı incelenmektedir buna göre ilk olarak Endüstri 4.0 teknolojileri, çalışanların sağlığı ve güvenliği, iş yasalarına uygunluk, işyeri eşitliği ve sosyal sorumluluk gibi sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunabilir. Örnek olarak robotik teknolojileri kullanarak işletmeler, çalışanların güvenliğini

artırabilir ve tekrarlanan görevleri otomatikleştirerek çalışanların yaralanma riskini azaltabilir. Ayrıca, Endüstri 4.0 teknolojileri, işyerinde eşitliği sağlamak için işe alım ve terfi süreçlerinde insan ön yargısını azaltabilir. Böylece işletmeler, çalışanlarına daha adil ve güvenli bir çalışma ortamı sunarak, sürdürülebilir bir sosyal etki yaratabilirler. Çevresel boyutu Endüstri 4.0 teknolojileri, enerji ve kaynak verimliliği, atık azaltma ve çevre dostu üretim gibi sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için kullanılabilir. Endüstri 4.0 teknolojileri, üretim sürecindeki enerji kullanımını azaltarak çevreye olan etkiyi azaltabilir. Ayrıca, akıllı sensörler ve analitik araçlar sayesinde, üretim sürecindeki atık miktarı azaltılabilir ve atıkların geri dönüşümü kolaylaştırılabilir. Böylece, işletmeler, çevreye olan etkilerini azaltarak daha sürdürülebilir bir şekilde faaliyet gösterebilirler. Ekonomik boyut: Endüstri 4.0 teknolojileri, verimlilik artışı, maliyet tasarrufu ve yeni iş fırsatları sağlayarak sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkıda bulunabilir. Örneğin, otomatik üretim hatları, üretim sürecinde verimlilik artışı sağlayarak işletmelerin daha az kaynakla daha fazla üretim yapmasına olanak tanır. Ayrıca, akıllı lojistik ve tedarik zinciri yönetimi sayesinde, ürünlerin taşıma süreci daha verimli hale getirilebilir ve nakliye sırasında oluşan atıklar azaltılabilir. Böylece işletmeler, maliyetleri düşürerek daha sürdürülebilir bir şekilde büyüyebilirler.

Endüstri 4.0, yapay zekâ, Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri analitiği ve robotik gibi ileri teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu ile karakterize edilen dördüncü sanayi devrimini ifade eder. Endüstri 4.0, işletmelerin çalışma şeklini değiştirerek daha fazla verimlilik, üretkenlik ve esneklik sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın önemli bir uygulaması, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi alanındadır. Sürdürülebilir bir tedarik zinciri, bir ürün veya hizmetin ham maddelerin tedarik edilmesinden kullanım ömrü sonunda atılmasına veya geri dönüştürülmesine kadar tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri dikkate alan bir tedarik zinciridir. Endüstri 4.0 teknolojileri, daha bilinçli karar vermeyi sağlayan gerçek zamanlı veriler ve içgörüler sağlayarak işletmelerin tedarik zincirlerinde daha fazla sürdürülebilirlik elde etmelerine yardımcı olabilir. Örneğin IoT sensörleri, tedarik zinciri boyunca enerji ve kaynak tüketimini izlemek için kullanılabilir ve işletmelerin verimsizlikleri belirlemesine ve daha sürdürülebilir uygulamalar uygulamasına olanak tanır. Tedarik zinciri operasyonlarındaki eğilimleri ve kalıpları belirlemek için büyük veri analitiği kullanılabilir, bu da işletmelerin süreçlerini optimize etmesine ve israfı azaltmasına olanak tanır. Robotik otomasyon, işletmelerin üretim süreçlerinin çevresel etkisini azaltarak daha fazla sürdürülebilirlik elde etmelerine de yardımcı olabilir. Örneğin, robotik montaj hatları atıkları en aza indirecek ve tehlikeli kimyasalların kullanımını azaltacak şekilde tasarlanabilir. Özetle, Endüstri 4.0, işletmelerin daha fazla sürdürülebilirlik, verimlilik ve rekabet gücü elde etmelerini sağlayarak tedarik zinciri yönetimini dönüştürme potansiyeline sahiptir. İşletmeler, ileri teknolojilerden yararlanarak hem çevreye hem de topluma fayda sağlayan daha sürdürülebilir ve sorumlu tedarik zincirleri oluşturabilir.

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN FONKSİYONLARI

Tedarik zinciri yönetiminin fonksiyonları, mal ve hizmetlerin verimli ve etkin bir şekilde üretilmesini ve müşterilere teslim edilmesini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Tedarik zinciri yönetiminde yer alan çeşitli fonksiyonlar arasında planlama, kaynak bulma, üretim, lojistik, envanter yönetimi, tahmin, kalite kontrol, müşteri hizmetleri, risk yönetimi, sürdürülebilirlik ve performans ölçümü yer almaktadır. Bu fonksiyonların her biri, tedarik zincirinin sorunsuz bir şekilde işlemesini ve şirketlerin maliyetlerini en aza indirirken ve israfı azaltırken müşterilerinin taleplerini karşılayabilmesini sağlamada hayati bir rol oynamaktadır.

Tedarikçi Yönetimi

Genellikle satın alma veya sözleşme faaliyetleri yoluyla dış kaynaklardan mal, hizmet veya yapım işi edinme fonksiyonudur. Tedarik zinciri yönetimi, mal veya hizmet ihtiyacını belirlemeyi, tedarikçileri

veya satıcıları seçmeyi, sözleşmeleri müzakere etmeyi ve satın alma sürecini baştan sona yönetmeyi içeren önemli bir fonksiyondur. Tedarik; hammaddeler, bileşenler, bitmiş ürünler, ekipman, yazılım, danışmanlık ve pazarlama gibi profesyonel hizmetleri içermekle birlikte çok çeşitli mal ve hizmetleri barındırmaktadır. Etkili satın alma uygulamaları, kuruluşların maliyetleri düşürmesine, kaliteyi artırmasına ve tedarikçi ilişkileriyle ilişkili riskleri azaltmasına yardımcı olabilir. Tedarikçi yönetimi, kuruluşun; kalite, teslimat ve fiyat ihtiyaçlarını karşıladıklarından emin olmak için tedarikçilerle iş birliği yapmasını gerektirmektedir. Tedarik, uzun vadeli ortaklıklar kurmak ve tedarik zincirinin verimli ve sorunsuz bir şekilde işlemesini temin etmek için tedarikçi ilişkilerinin yönetilmesini de içermektedir (Gündüz vd., 2021).

Satınalma Yönetimi

Satınalma yönetimi, bir organizasyonun mal ve hizmet ihtiyaçlarını karşılamak üzere dış kaynaklardan ürün veya hizmet satın almayı içeren bir süreçtir. Bu süreç, hizmet ve mal tedarikinden başlayarak tedarikçi seçimi, müzakere, sözleşme yönetimi ve sürekli performans değerlendirmesini içermektedir. Satınalma yönetimi genellikle bir şirketin rekabet avantajını sürdürmesine, maliyetleri optimize etmesine ve sürekli iyileştirmeye odaklanmaktadır. Satınalma yönetimi, şirketlerin rekabet avantajı kazanmalarına ve sürdürmelerine destek olan stratejik bir işlevdir. Maliyetleri düşürmek, kaliteyi artırmak, tedarik zinciri risklerini azaltmak ve sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemek amacıyla etkili bir şekilde uygulandığında, şirketler daha rekabetçi hale gelmektedir (Delke ve ark., 2023).

Sipariş Yönetimi

Sipariş yönetimi, bir organizasyonun müşteri taleplerini karşılamak üzere ürün veya hizmetleri tedarik etme, işleme ve teslim etme sürecini içeren bir yönetim sürecidir. Bu süreç, müşteri siparişi alındığı andan itibaren başlar ve siparişin müşteriye teslim edilmesine kadar devam eder. Müşteri siparişi vermeye başladığında, genellikle çevrimiçi mağazalar, satış temsilcileri veya diğer satış kanalları aracılığıyla alınmaktadır. Siparişin doğru ve eksiksiz alınması, müşteri memnuniyeti ve operasyonel verimlilik açısından kritiktir. Sipariş yönetimi, müşteri memnuniyetini sağlamak, stokları optimize etmek, lojistik süreçleri yönetmek ve işletme verimliliğini yükseltmek için önemli bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişmelerle beraber, otomasyon ve veri analitiği gibi araçlar, sipariş yönetimini daha etkili ve verimli hale getirmek için kullanılmaktadır (Hinrichsen ve ark., 2023).

Müşteri İlişkileri Yönetimi

Müşteri İlişkileri Yönetimi, bir organizasyonun alıcılarıyla etkileşimini planlama, uygulama ve izleme sürecini ifade eder. Temel amaç, müşteri memnuniyetini artırmak, müşteri sadakatini güçlendirmek ve uzun vadeli müşteri ilişkileri oluşturmaktır. Müşteri tanıma konusunda müşterilerin ihtiyaçları, tercihleri ve geçmiş etkileşimleri hakkında bilgi toplaması gibi sistemler kullanarak müşteri verilerini merkezi bir platformda toplaması tercih edilmektedir. Müşterilerle iletişimi güçlendirmek adına müşterilerle etkileşimde bulunma ve onlarla doğrudan iletişim kurması ve çeşitli kanalları kullanarak (telefon, e-posta, sosyal medya vs) müşterilere ulaşma sağlanmaktadır (Kevin ve Ana, 2019).

Depo/Envanter Yönetimi

Bir kuruluşun tedarik zinciri içindeki mal ve malzemelerin akışını denetleme ve kontrol etme sürecidir. Kuruluşun müşteri talebini karşılamak için elinde doğru miktarda envantere sahip olmasını sağlamak ve aynı zamanda fazla envanter tutmayla ilgili maliyetleri en aza indirmek için hammaddelerin, devam eden işlerin ve bitmiş ürünlerin envanter seviyelerini yönetmeyi içermektedir. Etkili envanter yönetimi, talep ve tedarik sürelerinin doğru tahmin edilmesini, verimli üretim planlaması

ve envanter seviyelerinin gerçek zamanlı takibini gerekmektedir. Ayrıca envanter seviyelerini izlemek ve stok tükenmesi, fazla stok veya eskimiş envanter gibi olası sorunları belirlemek için envanter sayımı, döngü sayımı ve envanter analizi gibi envanter kontrol önlemlerinin uygulanmasını bulunmaktadır. Etkili envanter yönetimi ile kuruluşlar, tedarik zinciri operasyonlarını optimize edebilir, envanterle ilgili maliyetleri azaltabilir, ürünlerin gerektiğinde kullanılabilir olmasını sağlayarak müşteri memnuniyetini artırabilir ve israfı ve fazla envanteri en aza indirmektedir (Singh ve Verma, 2018).

Taşıma

Operasyon yönetimi bağlamında taşıma, bir tedarik zinciri veya üretim ortamında malların, malzemelerin veya bilgilerin fiziksel manipülasyonu, nakliyesi ve yönetimi ile ilgili süreç ve prosedürleri kapsamaktadır. Etkin taşıma uygulamaları, operasyonel verimliliği optimize etmek, maliyetleri en aza indirmek ve tedarik zinciri yaşam döngüsü boyunca ürün kalitesi ve bütünlüğünü sağlamak için kritik öneme sahiptir (Pandikumar ve Manickavasagam, 2023). Buna malzeme taşıma, envanter yönetimi, paketleme ve nakliye lojistiği gibi faaliyetler dahildir. Üstelik taşıma, malların depolanması, taşınması ve dağıtımı için en verimli ve uygun maliyetli yöntemlerin belirlenmesinde yer alan stratejik planlama ve karar verme süreçlerini de kapsayacak şekilde salt fiziksel görevlerin ötesine geçmektedir. Başarılı taşıma stratejileri, ürün özellikleri, depo düzeni, ekipman kullanımı ve iş gücü eğitimi gibi faktörleri dikkate alan bütünsel bir yaklaşım gerektirmektedir. Ayrıca otomasyon, robot teknolojisi ve veri analitiği gibi gelişen teknolojilerin benimsenmesi, gelişen pazar dinamikleri ve müşteri taleplerine yanıt olarak daha fazla hassasiyet, ölçeklenebilirlik ve çeviklik sağlayarak işleme operasyonlarında devrim yaratma potansiyeli taşımaktadır. Bu nedenle, tedarik zinciri performanslarını optimize etmek ve günümüzün küresel pazarında rekabet avantajı kazanmak isteyen kuruluşlar için işleme ilkeleri ve en iyi uygulamalara ilişkin kapsamlı bir anlayış çok önemlidir (Kugler, Brandenburg, ve Limant, 2021).

Lojistik

Tedarik zinciri içerisinde malzemelerin ve malların bir alandan başka bir alana taşınması işlemidir. Doğru ulaşım modunu seçmeyi, lojistik faaliyetlerini koordine etmeyi ve malların varış noktasına zamanında, emniyetli ve uygun maliyetli bir şekilde teslim edilmesini sağlamayı içeren tedarik zinciri yönetiminde önemli bir fonksiyondur. Taşımacılık, tedarik zincirinin mesafe, hız ve maliyet ihtiyaçlarına bağlı olarak karayolu, demiryolu, deniz ve hava taşımacılığını içinde bulunduran çok çeşitli modları içermektedir. Etkili lojistik yönetimi, mal ve malzeme akışını optimize etmek için lojistik faaliyetlerini tedarik, depolama ve envanter yönetimi gibi diğer tedarik zinciri işlevleriyle koordine etmeyi kapsamaktadır. Bu, tedarik zincirinin ihtiyaçlarına göre en verimli lojistik modunu seçmeyi, nakliye ücretlerini müzakere etmeyi ve sevkiyatların gerçek zamanlı olarak takip edilmesini ve izlenmesini göstermektedir. Etkili lojistik yönetimi ile kuruluşlar, ürünlerin zamanında ve iyi durumda teslim edilmesini sağlayarak teslimat sürelerini iyileştirmektedir (Chinna, 2016).

Ambalajlama

Ambalaj, ürünlerin muhafaza edilmesi ve korunmasının yanı sıra ürünle ilgili bilgilerin tüketicilere iletilmesi amacına da hizmet etmektedir. Mallar için bir konteyner alanı bulmayı ve onları dış çevre koşullarından koruyacak şekilde sarmayı içermektedir. Ambalaj, ürünün görünürlüğünü ve çekiciliğini artırmak için şeffaf kısımlar veya görünür bölgeler gibi ayırt edici özelliklere de sahip olmaktadır. Ek olarak paketleme yöntemleri, ürünleri emniyete almak ve taşımak için robot kollarının kullanılmasını ve bunların kap içinde doğru şekilde konumlandırılmasını sağlamayı ön görmektedir. Paketleme işlemi aynı zamanda diğer cihazlarla ara bağlantıya izin veren bir paket gövdesi oluşturmak için bir alt tabaka üzerinde montaj bileşenleri ve ara bağlantı yapılarını da içermektedir. Genel olarak

ambalaj, çeşitli ürünlerin korunmasında, sunulmasında ve dağıtımının basitleştirmesinde çok mühim bir rol oynamaktadır (Delahaye ve ark., 2023).

Sigortalama

Sigortalama, modern ekonomilerde bireylere, işletmelere ve kuruluşlara çeşitli risklere ve belirsizliklere karşı koruma sağlayan hayati bir finansal araç olarak hizmet vermektedir. Sigorta, özünde, poliçe sahiplerinin belirli kayıplar veya beklenmedik durumlar durumunda tazminat vaadi karşılığında sigorta şirketlerine prim ödediği risk transferi ilkesine göre çalışmaktadır. Bu mekanizma yalnızca öngörülemeyen olayların mali etkisini azaltmakla kalmıyor, aynı zamanda geniş ve çeşitli poliçe sahipleri grubu arasında kaynakları bir havuzda toplayarak risk paylaşımını ve toplumsal dayanıklılığı da desteklemektedir. Sigorta ürünleri, hayat sigortası, sağlık sigortası, mülk ve kaza sigortası ve sorumluluk sigortası da dahil olmak üzere, farklı sektör ve sanayilerdeki belirli ihtiyaçlara ve risklere yönelik olarak tasarlanmış çok çeşitli teminat seçeneklerini kapsamaktadır. Ayrıca sigorta, potansiyel kayıplara karşı bir güvenlik ağı sağlayarak ekonomik istikrarın desteklenmesinde ve yatırımın kolaylaştırılmasında kritik bir rol oynamakta, dolayısıyla girişimciliği, yenilikçiliği ve uzun vadeli planlamayı teşvik etmektedir. Ancak sigortanın etkinliği, risk değerlendirmesinin doğruluğu, sigorta sağlayıcılarının ödeme gücü ve güvenilirliği ve sektörü yöneten düzenleyici çerçeve gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, sigorta piyasalarının gelişen dinamiklerini anlamak, risk yönetimi uygulamalarını geliştirmek ve hem kişiler hem de şirketler için sigorta kapsamının erişilebilirliğini ve karşılanabilirliğini sağlamak için sürekli araştırma ve analiz gereklidir (Lin, Cai, ve Xu, 2010).

Muayene ve Gümrükleme

Gümrükleme, çeşitli prosedür ve denetimleri içeren, malların gümrükten geçirilmesi sürecini ifade etmektedir (MacDougall ve MacDougall, 2022). Gümrüklemenin süresi ve karmaşıklığı, malın türü, gümrük rejimleri ve gümrük yetkililerinin etkinliği gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Müfettişler gümrüklemede, malların gümrük mevzuatına uygunluğunu sağlayarak ve gerekli kontrolleri yaparak önemli bir rol üstlenmektedir (Kim ve ark., 2023). Gümrüklemenin etkinliği, yük gümrük komplekslerinin sorunsuz işleyişi ve yüksek kalitede gümrük ve lojistik hizmetlerinin sağlanması açısından önemlidir. Bazı durumlarda gümrükleme, Gümrük Kanunu'nda belirtilmeyen ek prosedürleri de kapsayabilir ve bu da asıl işte harcanan süreyi etkilemektedir. Genel olarak gümrükleme, uluslararası ticarete etkin prosedürler ve çeşitli paydaşların koordinasyonunu gerektiren kritik bir süreçtir.

ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİ

Nesnelerinin interneti, otonom robotlar ve büyük veri gibi birçok dijital teknoloji ve bu teknolojiler üretimi yenilemeye ve temel üretim süreçlerinin dijitalleşmesinin gelişmesine destek olmaya devam ediyor. Bu teknolojiler, önde gelen şirketler tarafından operasyonel gelişim planlarını kolaylaştırmak için uygulanmıştır. Hızlı bir ivme oluşturmak ve stratejik bir vizyona ulaşmak için bu teknolojilerin şirketler tarafından uygulanması, hızlı geri dönüşler sağlamalı ve uygulanarak uzun vadeli kazanımlar sağlamalıdır. Birçok şirket, Endüstri 4.0 uygulamasının avantajlarından yararlandı. Bununla birlikte, Endüstri 4.0'dan değer yaratmanın yeni yolları hala araştırılmaktadır. Yeni metot ve teknikler keşfedildikçe bu yeni yaklaşımın yaratacağı değer artacaktır.

Otonom Robot

Robotlar, çağdaş imalat endüstrisinde ehemmiyetli bir rol üstlenmektedir. Endüstri 4.0'ın önemli bir yüzü, emniyet, esneklik, çok yönlülük ve iş birliğine odaklanarak görevleri doğru gerçekleştiren robotlar ile desteklenen otonom üretim yöntemleridir. Çalışma ortamını izole etmeyi gerektirmeden, insan çalışma alanlarına entegrasyonu daha ucuz ve üretken hale getiren ve endüstrilerde birçok olası

uygulama oluşturmaktadır (Bahrin ve ark., 2016). Sanayi devrimini basitleştirmek için en gelişmiş teknolojik yeniliklerle daha çok endüstriyel robot gelişmektedir. Akıllı robotlar, sadece çalışma alanlarındaki yapılandırılmış işlerde insanların yerini almakla sonuçlanmayacaktır. Endüstri 4.0'da robotlar ve insanlar, görevleri birbirine bağlamak ve akıllı sensör insan-makine arayüzlerini işletmek için ekip gibi çalışacaklardır. Robotların işletilmesi farklı işlevleri barındıracak şekilde büyümektedir: üretim, lojistik ve ofis yönetimi uzaktan kontrol altına almaktadır. Bir problem durumunda işçi cep telefonuna bir web kamerasına bağlı bir mesaj alır, böylece problemi fark edebilir ve üretimin ertesi günün devamlılığı için talimatlar verebilir. Böylece fabrika 24 saat çalışabilir, işçiler ise sadece gündüzleri orada bulunmaktadır (Blanchet, 2014).

Simülasyon

Simülasyon, gerçek dünyada var olan bir fiziksel sistemin verilerini sanal bir ortama aktararak gerçek sistemin özelliklerinin izlenmesi için bir altyapı oluşturan bir modelleme tekniğidir. Süreçlerin gelişimini izlenebilir hale getirebildiği için zaman, maliyet ve risk açısından avantajlar sağlamaktadır (Çelen, 2017). Karmaşık ve akıllı üretim sistemlerinin tasarımı ve operasyonlarının yanı sıra karar vermeyi optimize etmek için planlama ve keşif modelleri geliştirmek, önemli bir teknolojidir. Ayrıca şirketlerin riskleri, maliyetleri, uygulama engellerini, operasyonel performans üzerindeki etkisini ve Endüstri 4.0'a yönelik yol haritasını değerlendirmelerine yardımcı olabilir. Bu alanda çeşitli ilerlemeler kaydedilmesine rağmen, Endüstri 4.0'da simülasyon tabanlı araştırmaların gelişimini sistematik olarak karakterize eden ve analiz eden çalışmalar azdır. (Ferreira ve ark., 2020).

Yatay ve Dikey Entegrasyon

Yatay Entegrasyon

Yatay entegrasyon, benzer müşteri tipine sahip farklı şirketlerin birleşmesidir. Bu birleşmenin temel amacı, aynı müşteri tipine hitap eden bu şirketlerin pazar payını artırmaktır. Yatay entegrasyon genellikle genç girişimciler tarafından tercih edilmektedir. Bunun nedeni piyasada müşteri profillerinin henüz oluşmamış olmasıdır. Bu tür bir entegrasyon, rekabetin çok yüksek olması ve ürün eskime oranının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Ar-Ge faaliyetlerine önem verilerek belirsizlikleri azaltmak, rekabet güçlerini ve piyasa değerlerini artırmak amacıyla firmalar yatay entegrasyon sistemine dahil edilmektedir (Yelis, 2021). Şirketin performansı, sahip olduğu sinerji seviyesinde yatmaktadır, bu nedenle ürünün yaratılması, geliştirilmesi ve imalatı ile idaresi ile ilgili önemli unsurlar olarak düşünülmelidir; dikey entegrasyon veya dahili entegrasyon haritalaması, yardımları için önemli alanları farklı bir şekilde belirlemek için sistemi değerlendirmektir (Lara ve ark., 2020).

Dikey Entegrasyon

Dikey entegrasyon, aynı sektördeki ancak farklı alt sektörlerdeki müşterileri olan şirketlerin birleşmesidir. Üç tür vardır: geriye doğru dikey entegrasyon, ileri dikey entegrasyon ve dengeli dikey entegrasyon. Girdi kaynaklarının birleştirilmesine geriye dönük entegrasyon denir. İşletmeyi ürettiği malları kullananlara bir adım daha yaklaştıran genişlemeye ileri entegrasyon denir. Daha çok satış ve dağıtım kanallarını kontrol etmeyi amaçlar. Dengeli entegrasyon tipinde şirketler hem girdi kaynakları hem de pazarlama kısmı için birleştirir. Bu tür birleşme diğerlerine göre daha azdır. Dikey entegrasyon sistemine bir örnek, araba üreten bir şirketin tekerlek üreten bir şirketle birleşmesidir (Yelis, 2021). Akıllı bir üretim sisteminin gerçekleştirilmesini engelleyen üretim sistemlerinin farklı düzeylerinden gelen stratejik ve operasyonel hedefler arasında karmaşık bir ilişki vardır. Stratejik planlama için hedeflenecek bir üretim sisteminin özelliklerini belirlemek için kullanılır; operasyonel hedef olarak standartlaştırılmış teknikleri ve çevik bir senaryoyu kullanmaktadır (Lara ve ark., 2020).

Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti ifadesi ilk olarak 1999'da Ashton tarafından kullanılmıştır (Barreto ve ark., 2017). Genel olarak, Nesnelerin İnterneti, fabrika ekipmanı ve arabalardan mobil cihazlara ve akıllı saatlere kadar bir İnternet ağına bağlanabilen herhangi bir nesneyi içermektedir. Ancak bugün, IoT (Internet of Things) daha spesifik olarak sensörler, yazılımlar ve diğer şeylerden veri iletmelerine ve almalarına izin veren diğer teknolojilerle donatılmış bağlantılı şeyler anlamına gelmektedir. Geleneksel halinde, bağlantı, esas olarak Wi-Fi aracılığıyla sağlanırken, günümüzde 5G ve diğer ağ platformları, büyük veri kümelerini hız ve güvenilirlikle giderek daha fazla işleyebilmektedir.

Siber Güvenlik

Siber alan, bilgisayar bilimi, matematik, ekonomi, hukuk, psikoloji ve mühendisliğin çok disiplinli bir birleşimidir. Yalnızca çevrimiçi cihazların birbirine bağlanması değil, insanların bu cihazlardan nasıl etkilendiğini ve nasıl etkilendiğini de kapsamaktadır. Bu nedenle, siber alan, milyonlarca eve güç sağlayan elektrikten her gün milyonlarca insanı hareket ettiren ulaşım ağına kadar modern yaşamın her yönünü etkiler. Bağlı cihazların sayısı ve kullanımları arttıkça, siber altyapının karmaşıklığı ve savunmasız cihazların sayısı katlanarak artmaktadır (Dawson ve Thomson, 2018). Nesneler bağlandığında, daha fazla risk seviyesi oluşturacaklar. IoT cihazlarının bazıları çok büyük siber risklere sahip olduğundan ve sonuç olarak, güvenliği ihlal edilmiş cihazdaki güvenlik etkileri tesise veya ekipmana zarar vereceğinden ve üretim için aksama süresine neden olacağından, ekipmanın feci şekilde arızalanmasına ve hatta aşırı durumlarda, can kaybına neden olur (Clim, 2019). Siber güvenlik, sistemleri, ağları ve programları dijital saldırılardan koruma uygulamasıdır. Bu siber saldırılar genellikle hassas bilgilere erişmeyi, bunları değiştirmeyi veya yok etmeyi, kullanıcılardan zorla para almayı veya normal iş süreçlerini kesintiye uğratmayı amaçlamaktadır (Halvorsen, 2021).

Bulut Bilişim

Bulut Bilişim, büyük miktarda verinin depolanmasını sağlar. Bu kapasite, makinelerin ve sensörlerin bir kişiden daha fazla veri ürettiği ve bu tür verilerin her zaman bağlantılı olduğu düşünüldüğünde, tüm üretim süreci boyunca üretilen verileri depolamak için esas olarak önemlidir. Ölçeklenebilir bir yapı sayesinde bulut, talep üzerine kaynakların tüketilmesine izin verir. Sunucular, lisanslar satın almaktan ve bakım için uzman personel istihdam etmekten kaçındığı için maliyetleri düşürmenin yanı sıra enerji tasarrufu sağlar. Ayrıca platform ve bağlantı cihazlarından bağımsız olarak farklı coğrafi noktalardan ve farklı programlardan depolamaya erişim kolaylığı sağlar. Tüm bunlar, üretim ekosistemlerinin oluşturulmasını kolaylaştırır ve müşteriler ile tedarikçiler arasındaki iş birliğini teşvik eder. Özellikle müşteri, üretim sürecinin tüm aşamalarına katılabilmekte ve bu sayede memnuniyetleri artırılmaktadır (Velasquez, Estevez, ve Pesado, 2018).

Katmanlı Üretim

Katmanlı üretim veya eklemeli imalat denir. 1987 yılında başlayan Ultra Viole ışığına duyarlı polimerlerin lazer ile katman katman kurlenmesi, birkaç yıl sonra büyük çapta bir endüstri haline gelmiştir. Katmanlı üretim modeli, özel yazılım programları ile katmanlara dilimlendikten sonra 3B yazıcı aracılığı ile tabandan başlayarak katman katman fiziksel bir modele dönüştürülmektedir. Üretilmesi mümkün olmayan ya da zor olan parçalar bu sayede kısa zamanda kolaylıkla üretilmektedir. Katmanlı üretim sayesinde, zaman tasarruf ile beraber tasarımda çok büyük bir esneklik sağlanmaktadır (Kahraman, 2021). Yaklaşan Endüstri 4.0 döneminde akıllı üretim için büyük fırsatlar sunmaktadır. Ek olarak, eklemeli imalat, metaller, seramikler ve polimerler dahil olmak üzere çok çeşitli malzemelerin imalatına uygun, çok yönlü, esnek ve son derece özelleştirilebilir üretim tekniklerinden sınıflandırılmaktadır (Liu ve ark., 2022). Katmanlı üretim, üç boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarım (3D

CAD) modeline dayalı olarak, malzemeyi birleştirerek fiziksel bir nesne oluşturmaya izin veren bir süreçtir (Pajonk ve ark., 2022).

Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AR), dijital görsel öğeler, ses veya teknoloji aracılığıyla sağlanan diğer duyuşsal uyarıların kullanımıyla elde edilen gerçek fiziksel dünyanın geliştirilmiş bir versiyonudur. Özellikle mobil bilgi işlem ve iş uygulamalarıyla uğraşan şirketler arasında büyüyen bir trend olmuştur. Kişinin deneyimini geliştirmek için görsel, işitsel veya diğer duyuşsal bilgilerin dünya üzerine bindirilmesini içerir. Şirketler ürünleri veya hizmetleri tanıtmak, yeni pazarlama kampanyaları başlatmak ve benzersiz kullanıcı verileri toplamak için artırılmış gerçekliği kullanılmaktadır (Hayes, 2020).

Büyük Veri ve Analitik (BDA)

Endüstri 4.0 teknolojileri yeni başlaması ile birlikte, bilgi teknolojisi üretim sistemleriyle entegrasyonunu hızlandırdı ve şirketlerinin sahip olduğu veri hacmi, çeşitliliği ve hız özellikleriyle giderek daha zengin hale gelmiştir (Wang ve ark., 2021). Endüstriyel büyük veri, firmalarının sistemdeki iç ve dış çevre değişikliklerini doğru algılamasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda üretim sürecini optimize etmek, maliyetleri düşürmek ve operasyonel verimliliği artırmak için bilimsel analiz ve karar vermeyi kolaylaştırır. Büyük verilerle, sosyal kalkınmayı ve ekonomik büyümeyi güçlendirmek için kitlesel özelleştirme ve hassas pazarlama gibi beklentilerden yeni iş modları oluşturulmaktadır (Leng ve ark., 2021).

Yapay Zekâ

Yapay Zekâ (AI), insan zekasını simüle etmek ve yaygın gerçek dünya sorunlarını çözmek için sistemler ve makineler kullanır. Makine öğrenimi ve derin öğrenme, insan müdahalesine dayanmadan sonuçları daha doğru tahmin etmek için algoritmalar kullanan yapay zeka teknolojileridir (Saranya ve Subhashini, 2023). Yapay zekâ sistemleri, büyük miktarda veriyi analiz etmek ve yorumlamak, kalıpları tanımak, kararlar almak ve sorunları çözmek için tasarlanmıştır. Deneyimlerden öğrenebilirler ve yeni girdilere uyum sağlayabilmektedir, bu da zaman içinde performanslarını iyileştirmelerine olanak tanımaktadır.

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BOYUTLARI

Sosyal Sürdürülebilirlik

Son birkaç on yılda, sosyal sürdürülebilirlik, tüm dünyada kentsel politikayı, konutları ve şehir planlamasını giderek daha fazla etkilemektedir. Özellikle son yıllarda, sosyal sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınmanın temel bir bileşeni olarak artan bir ilgi görmüştür. Bununla birlikte, 2000 yılında bir Avrupa Konseyi (AK) toplantısında sürdürülebilir kalkınmanın üçüncü ayağı olarak ilk kez tanıtılmasından bu yana neredeyse bir buçuk on yıl geçmesine rağmen, sosyal sürdürülebilirlik hala sürdürülebilir kalkınma gündemindeki yerini bulmak için mücadele etmektedir. 2000 yılından bu yana, sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutuna çevresel ve ekonomik boyutlara kıyasla nispeten daha az önem verilmektedir (Burton, 2000). Bu, sosyal sürdürülebilirliği neyin oluşturduğuna ve nasıl elde edilebileceğine dair hala sınırlı bir anlayış olduğu anlamına gelmektedir. Sosyal sürdürülebilirliği çok boyutlu bir kavram olarak tanımlamak, ölçmek ve analiz etmek için geniş kabul görmüş bir yaklaşım yoktur, sosyal sürdürülebilirlik kavramı değerlendirirken hangi kriterlerin dikkate alınması gerektiği konusunda hala bir fikir birliği yoktur (Bramley ve ark., 2006). Gerçekten de sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu, ekonomik veya çevresel sürdürülebilirlikten farklı tanımından yoksun olduğu sürece, kendi uygulama modellerini sunamaz. Bu zorluklara rağmen, bazı araştırmacılar sosyal

sürdürülebilirliği tanımlamaya çalışmaktadır.

Çevresel Sürdürülebilirlik

Çevresel sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan bir kaynak kullanımı yaklaşımıdır. Doğal kaynakların sorumlu ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak için ekonomik, sosyal ve çevresel hususları dengelemeyi içerir (Liu, Browne ve Iossifova, 2022). Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakları tüketirken ve atıkları üretirken, çevreye zarar vermeden, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da karşılayacak şekilde hareket etmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, çevre, ekonomi ve toplum arasındaki dengeyi korumak ve gelecekteki nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için gereklidir. çevrenin korunmasını, doğal kaynakların verimli kullanımını, atık azaltımını ve geri dönüşümü içerir (Khan, Tabish ve Zhang, 2023). Bu amaçla, çevre dostu üretim yöntemleri, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği, çevresel düzenlemeler ve atık yönetimi gibi birçok strateji kullanılır. Güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi de çevresel sürdürülebilirliğin kritik bir yönüdür (Cansino ve ark., 2011). Fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı azaltarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçerek, sera gazı emisyonlarını azaltabilir ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltabiliriz (Chen ve ark., 2023).

Ekonomik Sürdürülebilirlik

Ekonomik sürdürülebilirlik, bir ekonomik sistemin, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetini ifade etmektedir. Kaynakları, üretimi ve tüketimi ekonomik büyüme, sosyal refah ve çevre koruma arasında sağlıklı bir denge sağlayacak şekilde yönetmeyi içermektedir (Baumgärtner ve Quaas, 2010). Sürdürülebilir bir ekonomik sistem, doğal kaynakları tüketmeden veya çevresel bozulmaya neden olmadan sonsuza kadar işlemeye devam edebilen sistemdir. Bu, kısa vadeli büyümeye ve kâra uzun vadeli sürdürülebilirlik yerine öncelik veren geleneksel ekonomik modellerden uzaklaşmayı gerektirmektedir (Barbier, 1987).

Ekonomik sürdürülebilirliğin kilit yönlerinden biri, enerji, su ve malzemeler dahil olmak üzere kaynakların verimli kullanılmasıdır. Bu, atıkların azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gibi önlemlerle sağlanmaktadır (Sfakianaki, 2015). Bir diğer önemli faktör de toplumun tüm üyelerinin ekonomik fırsatlara ve faydalara erişiminin sağlanmasını içeren sosyal eşitlik ve içermenin teşvik edilmesidir. Bu, adil vergilendirme, gelirin yeniden dağıtımı ve eğitim ve öğretime yatırım gibi politikalarla başarı elde edilmektedir. Ekonomik sürdürülebilirlik ayrıca doğal çevrenin korunmasını ve ekonomik faaliyetlerin iklim değişikliğine veya diğer çevresel bozulma biçimlerine katkıda bulunmamasını sağlamaktadır. Bu, sera gazı emisyonlarının azaltılması, biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir arazi kullanımı ve kaynak yönetiminin teşvik edilmesi gibi önlemler alınmaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik, ekonomik, sosyal ve çevresel hususları dengeleyen kapsamlı bir yaklaşım gerektirmektedir. Herkes için daha sürdürülebilir ve eşitlikçi bir ekonomik sistem oluşturmak için hükümetler, işletmeler ve bireyler arasındaki işbirliği oluşturmayı hedeflenmektedir (Curtis ve Lehner, 2019).

YÖNTEM

Bu çalışma için veri toplama, niceliksel değerlendirmeler toplamak ve araştırma sorularının kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için örnek şirket uzmanlarıyla bir anketi içeriyordu. Anketin uygulanmasıyla akıllı üretim uygulamalarının sürdürülebilirlik perspektifiyle entegrasyonunun analizi için sağlam bir veri seti sağlanması amaçlanmıştır.

Tezde bahsedilen önceki bölümlerde sunulan literatür taraması temel bilgileri alınarak akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri olgunluk seviyesi. Modelde temel olarak Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirliğin üç temel boyutu olan sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarda tedarik zinciri yönetimi ile integrasyonu ne derece uygulandığı, ne derece katkıda bulunduğu ve organizasyonel amaçlara ne derece içselleştirdiği nitelenmektedir. Böylece endüstri 4.0 teknolojilerin tedarik zincirine adaptasyonunda sürekli AR-GE çalışmaları sürdürüp ve yenilik faaliyetlerini destekleyerek var olan durumu bir olgunluk yaklaşımı ile değerlendirilmesi, performans ölçülmesi ve hedeflerin belirlenmesi olumlu bir şekilde sonuçlanabilmektedir.

Akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri olgunluk yaklaşımı modelinin fonksiyonlarını 12 adet Endüstri 4.0 teknoloji ve 10 adet sürdürülebilirlik fonksiyonunun 3 ana boyutu (sosyal, çevresel ve ekonomik) olarak tasarlanmaktadır.

Sosyal sürdürülebilirlik boyutu; stok devir, maliyet ve kârlılık gibi parametreler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik boyutu; atık minimizasyonu, emisyon ve kirlilik gibi parametreler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Ekonomik sürdürülebilirlik boyutu; ise kurumsal sosyal sorumluluk, çalışan refahı ve iş sağlığı ve güvenliği gibi parametreler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

NÜMERİK ÖRNEK

Konyada faaliyet gösteren Tümosan, dizel motor ve traktör üretmektedir. Üretim alanı 1.600.000 m² üzerine kurulmuş olup 93.000 m² kapalı alan içerisinde üretim gerçekleştirmektedir. Tümosan fabrikası, üç vardiya ile çalışıp 45.000 adet traktör ve 75.000 adete kadar dizel motoru üretim kapasitesine ulaşmaktadır. Tümosan fabrikası, traktör, dizel motor ve elektrikli forklift üretmekte olup pazarlama ve satışı ile müşterilerine vermiş olduğu etkin satış sonrası hizmet sunmaktadır. Üretilen dizel motorların Türkiye ve yurtdışında bir çok ülkeye müşterileri tarafından traktör, otomotiv sanayi yedek parçaları, temizlik ekipmanları, jeneratör ve deniz araçları üretiminde kullanılmaktadır.

Tecrübeli kadrosu ile beraber yeni uygulanan teknolojilerle müşterilere kaliteli ve güvenilir traktör çözümleri sunarak pazarlama süreçlerini yürüterek performansı artırmaktadır. Müşteri odaklı yaklaşımlarıyla, ihtiyaçlara uygun modeller ve satış sonrası hizmetlerle uzun süreli iş birliği sağlamaktadır. Pazarlama faaliyet merkezi İstanbul'da bulunmaktadır. Tümosan fabrikası ürettiği ürünlerle müşteri memnuniyetini yükseltmek, uygulanabilir yeni teknolojileri kullanarak üretim maliyetlerini azaltmak ve AR-GE çalışmalarına önemli kaynak ayırmakta ve öncelik vermektedir. Tümosan Fabrikası bünyesinde bulundurduğu mühendislik organizasyonu aracılığı ile üretilen motor ve traktörlere ilişkin modernizasyon ve geliştirme çalışmalarını yapmaktadır. Tümosan fabrikası olarak müşterilerine sunmuş olduğu ürün ve hizmeti değerlendirerek en son teknolojik gelişmeleri üretiminde uygulanmak ve tüm çalışmalarında güncel tasarım, kabul görmüş modern otomasyonlarından yararlanmak için yatırımdan hiç kaçınmamaktadır. Yeni ürünlerin geliştirilmesinde, prototip ürünler sanal ortamda oluşturularak seri üretime kısa zamanda geçilmesi sağlanabilmektedir.

Metodoloji

Adım 1. Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirlik katkılarının belirlenmesi: ilk olarak modelin on iki adet Endüstri 4.0 teknolojileri, üç adet sürdürülebilirlik (çevresel, ekonomik ve sosyal) boyutları üzerine on adet Tedarik Zinciri yönetimi fonksiyonlarına tek tek tablo oluşturularak olgunluk ve performans katkı puanları katılımcılardan 5'li Likert ölçeği ile elde edilmektedir. Ölçekte 1 çok düşük, 2 düşük, 3 orta, 4 yüksek, 5 çok yüksek olgunluk ve performans katkı puanı olarak gösterilmektedir.

Böylece on iki Endüstri 4.0 teknolojinin satırları sürdürülebilirliğin üç ana boyutunda, her boyutun 8 tane gösterge vardır aşağıdaki tablo 6.1’da açıklanmıştır. Uygulama, katkı ve skorlarının sütunları oluşturduğu 12x9’luk araç olgunluk birincil matrisi elde edilmektedir.

Tablo 1

Sürdürülebilirlik boyutlarının göstergeleri

Sürdürülebilirlik Boyutları	Göstergeler
Çevresel	A1. Atık
	A2. Kirlilik
	A3. Emisyon
	A4. Arazi kullanımı
	A5. Enerji kullanımı
	A6. Doğal kaynak kullanımı
	A7. Yeniden kullan
	A8. Geri dönüşüm
Ekonomik	B1. Maliyet
	B2. MLT
	B3. OEE
	B4. Stok devri
	B5. Tesis alanı kullanımı
	B6. Hasar ve kayıp
	B7. Borsa değeri
	B8. Satış geliri
Sosyal	C1. Sosyal sorumluluk
	C2. Avantajlar ve bonuslar
	C3. Olumlu çalışma ortamı
	C4. İş sağlığı ve güvenliği
	C5. Kariyer gelişimi
	C6. İş memnuniyeti
	C7. İş güvenliği
	C8. Esnek çalışma programı

Adım 2. Endüstri 4.0 teknolojilerin olgunluğunun değerlendirilmesi: Endüstri 4.0 teknolojilerin olgunluk ve performans düzeyi, boyut puanlarının (mevcut durumu, uygulama durumu ve benimsenme durumu) geometrik ortalaması alınarak değerlendirilmektedir. Olgunluk puanı, teknolojilerinin derecesini ve bunların olgunluk ve performans açısından nasıl değerlendirildiğini göstermektedir.

Adım 3. Katkı açığının hesaplanması: Katkı açığı, 1’den 5’e kadar bir ölçekte 5’e eşit olan ideal seviyeden mevcut olgunluk düzeyinin çıkarılmasıyla belirlenir. Metodolojik çerçeve, mevcut araç olgunluğu ile mevcut araç olgunluğu arasındaki boşluğu kapatmanın önemini vurgulamaktadır. Ve istenilen seviye. Daha yüksek bir boşluk puanı, daha yüksek öncelik anlamına gelir çünkü daha yüksek bir puan, istenen ve hedef düzeyler arasında daha önemli bir farkın bulunduğunu göstermektedir.

Adım 4. Sürdürülebilirlik üzerindeki etkinin analiz edilmesi: Katkı açığının sürdürülebilirlik üzerindeki kapatılmasının potansiyel etkisini anlamak için her boyutun (çevresel, ekonomik ve sosyal) ilişkisel değerleri (korelasyon derecelendirmeleri) katkı açığıyla çarpılır. Sürdürülebilirliğin her boyutu için ağırlığı eşit aldık ve ardından boşlukla çarptık. Ancak karar verici isterse, üç boyutu ayrı ayrı toplam 1 olacak şekilde ağırlıklandırabilir ve daha sonra ilişki değerlerini ağırlıklar ve boşlukla çarparak: (sürdürülebilirlik alt boyutunun bireysel ağırlığı) * (ilişki değerleri) * (GAP).

Not: GAP = 5 – ilişki değerleri

Adım 5. Öncelik puanının belirlenmesi: Önceliklendirme puanı, her bir sürdürülebilirlik boyutu için ilişki değerleri ve katkı açığının çarpımlarının toplanmasıyla elde edilmektedir. Bu puan, akıllı veya yalın bir aracın önemini ve sürdürülebilirliğe potansiyel katkısını göstermektedir.

Adım 6. Yol haritasının geliştirilmesi: Önceliklendirme puanı ile uygulamaya yönelik yol haritasında akıllı ve yalın araçlara öncelik verilir. Bu yol haritası, firmalara sürdürülebilirliği olumlu yönde etkileme potansiyeli olan akıllı ve yalın araçları birleştirme konusunda rehberlik edecek ve hem bir ölçüm hem de gelecekteki gelişim için bir yol sunacaktır (Gündüz ve ark., 2024).

Çalışmanın bu bölümünde, modelin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla gerçekleştirilen örnek olay çalışmasının ayrıntıları ve sonuçları sunulmaktadır. Şirketin AR-GE Tasarım ve Mühendislik departmanının yöneticileriyle, Endüstri 4.0 araçlarının olgunluk seviyelerini belirlemeyi amaçlayan bir anket çalışması yapılmıştır. Verilerin analizi sonucunda elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Tablo 6.1 olduğu gibi önerilen modelin uygulanabilirliğini göstermek için varsayımsal bir örnek sunmaktadır. Basitlik adına, her bir aracın sürdürülebilirlik açısından ilişki düzeyini “eşit” olarak aldım. Ancak karar verici bunların hepsini tek tek belirleyebilecek, daha sonra aracın sürdürülebilirlik alt boyutunun ilişki düzeyi “geometrik ortalama” ile belirlenebilecektir. Sonuçlara göre, yol haritalamasında öncelik sıralamasında 30.6452 öncelik puanıyla siber güvenlik ilk sırada yer alırken, büyük veri analitik 26.3159 öncelik puanıyla ikinci, otonom robot ise 21.1927 öncelik puanıyla üçüncü sırada yer almaktadır.

BULGULAR

Tablo 2

Sürdürülebilirlik varsayımsal örneği

	Çevresel Sürdürülebilirlik Katkı Puanı	Ekonomik Sürdürülebilirlik Katkı Puanı	Sosyal Sürdürülebilirlik Katkı Puanı	Bileşen Olgunluğu	Gap	Çevresel Boyutta Eylem Önemi	Ekonomik Boyutta Eylem Önemi	Sosyal Boyutta Eylem Önemi	Sürdürülebilirlik Eylem Önemi	Sürdürülebilirlik Öncelik Sıralaması
Otonom Robot	2	2	2	1,8171	3,1829	7,0593	7,2743	6,8591	21,1927	3
Simülasyon	3	2	2	3,3019	1,6981	4,7779	3,7267	3,9474	12,4519	11
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	2	2	2	2,8845	2,1155	5,1212	4,4583	4,1597	13,7392	8
Nesnelerin İnterneti	3	3	3	2,8845	2,1155	6,6708	5,9068	6,4058	18,9834	6
Siber Güvenlik	5	4	4	2,6207	2,3793	11,6338	9,1877	9,8238	30,6452	1
Bulut Bilişim	4	4	4	3,4200	1,5800	6,7578	6,8216	6,3799	19,9593	4
Katmanlı Üretim	2	2	2	3,3019	1,6981	4,1594	3,2063	3,3389	10,7046	12
Artırılmış Gerçeklik	2	1	2	2,2894	2,7106	5,0581	3,8787	4,1085	13,0453	9
Büyük Veri Analitik	4	4	3	2,6207	2,3793	10,5719	8,3293	7,4147	26,3159	2
Yapay Zeka	2	2	2	2,8845	2,1155	4,4061	4,3319	4,0418	12,7797	10
Blok Zinciri Teknolojisi	4	3	3	3,0000	2,0000	7,5041	6,9282	5,0420	19,4743	5
Makine Öğrenmesi	3	3	2	2,6207	2,3793	6,5736	6,5047	5,7227	18,8010	7

0=Yok 1=Çok Düşük 2=Düşük 3=Orta 4=Yüksek 5=Çok Yüksek

Tablo 3

Sürdürülebilirlik Perspektifinden Endüstri 4.0 Teknolojileri Olgunluk Anketi

Endüstri 4.0 Teknolojileri	Mevcut Durumu	Uygulama Durumu	Adaptasyon Durumu	Geometrik Ortalaması	Gap
Otonom Robot	3	2	1	1,8171	3,1829
Simülasyon	4	3	3	3,3019	1,6981
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	4	2	3	2,8845	2,1155
Nesnelerin İnterneti	4	3	2	2,8845	2,1155
Siber Güvenlik	3	3	2	2,6207	2,3793
Bulut Bilişim	5	4	2	3,4200	1,5800
Katmanlı Üretim	4	3	3	3,3019	1,6981
Artırılmış Gerçeklik	3	2	2	2,2894	2,7106
Büyük Veri Analitik	3	3	2	2,6207	2,3793
Yapay Zeka	4	2	3	2,8845	2,1155
Blok Zinciri Teknolojisi	3	3	3	3,0000	2,0000
Makine Öğrenmesi	3	3	2	2,6207	2,3793

0=Yok 1=Çok Düşük 2=Düşük 3=Orta 4=Yüksek 5=Çok Yüksek

TARTIŞMA VE SONUÇ

Endüstri 4.0, akıllı cihazları kullanarak, üretim süreci ve tedarik zincirleri arasında iletişim kurarak, iyileştirme alanlarını araştırmak için sanal toplu veri toplayarak, yeni ürün ve hizmet teklifleri geliştirerek yeni bir dijitalleşme dönemi başlamaktadır. Endüstri 4.0, kitlesel üretimden, gerçek son tüketici talep ihtiyaçlarına dayalı üretim sistemine potansiyel bir geçiş getirmektedir. Sürdürülebilirlik, ürünlerde kullanılan kıt kaynakların miktarını azaltmak, ürünlerdeki malzemelerin onarılmasını, yeniden kullanılmasını ve geri dönüştürülmesini sağlamaktadır (Takhar, 2018). Endüstri 4.0 konseptinin ortaya çıkmasıyla birlikte, çeşitli endüstrilerde IoT, bulut bilişim, büyük veri analitiği, otonom robotik vb. gibi yenilikçi teknolojilerin artan oranda benimsendiği gözlemlenmektedir. Kuruluşlar, süreç verimliliğini artırmak için üretim sistemlerinde ileri teknolojileri kullanmanın faydalarından yararlanmaya başlamaktadır (Shao ve ark., 2021). Endüstri 4.0, İşletmelerin rekabetçi kalmak ve sürdürülebilirliği eşit derecede sağlamak için dijital dönüşümü takip etmesi gerekmektedir. Bu teknoloji, sosyal ve ekonomik avantajlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, endüstri 4.0 teknolojilerinin sergilenmesine ve teknolojilerin tedarik zinciri operasyonlarına entegre edilmesinin faydalarına odaklanmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri, tedarik zincirinde etkin bir şekilde uygulanırsa, ürünler kaynaktan varış noktalarına zamanında teslim edileceğinden üretim operasyonlarında verimliliği büyük ölçüde artıracaktır. Yeni teknolojiye elde edilecek diğer avantajlar arasında daha iyi yönetilmesi, daha düşük maliyet, daha iyi satışlar ve finansal performansta genel iyileşme yer almaktadır. Tüm bunları başarmak için stratejik planlama, yüksek teknolojiye iyileştirme, bütünsel küresel liderlik, iş süreci dönüşümü ve küresel uygulamalar için en iyi bilgiye ihtiyaç olacaktır (Okwu ve ark., 2020).

Bu araştırma boyunca, makale sürdürülebilirlik açısından üretimde kurumsal hazırlığın temel rolünü vurgulamıştır. Liderlik taahhüdü, çalışan katılımı, sağlam teknoloji altyapısı, veri yönetimi ve siber güvenlik önlemleri akıllı-yalın araçların başarılı bir şekilde konuşlandırılması ve kullanılması için temel ön koşullar olarak belirlenmiştir. Bu, akıllı bir organizasyon olmada kurumsal olgunluğun önemini vurgulayan (Elizondo ve ark., 2023) bulgularıyla uyumludur.

Yukardaki tabloda gösterildiği gibi önerilen modelin uygulanabilirliğini göstermek için varsayımsal bir örnek sunmaktadır. Basitlik adına, her bir aracın sürdürülebilirlik açısından ilişki düzeyini “eşit” olarak aldım. Ancak karar verici bunların hepsini tek tek belirleyebilecek, daha sonra aracın sürdürülebilirlik alt boyutunun ilişki düzeyi “geometrik ortalama” ile belirlenebilecektir. Sonuçlara göre, yol haritalamasında öncelik sıralamasında 30.6452 öncelik puanıyla siber güvenlik ilk sırada yer alırken, büyük veri analitik 26.3159 öncelik puanıyla ikinci, otonom robot ise 21.1927 öncelik puanıyla üçüncü sırada yer almaktadır.

Önümüzdeki yıllarda ulaşım ve tedarik zinciri sektörünün sürücüsüz araçlara, kaptansız gemilere ve pilotsuz uçaklara sahip olacağı öngörülmektedir. Tedarik zinciri ile yeni teknolojiler hayatımızı yakından etkileyecek ve mevcut tedarik zinciri sistemi yerini en son teknoloji ile dijitalleştirilmiş entegre yeni sistemlere bırakacaktır. Organizasyonlar arası koordinasyon ve bağlantılar gerektiren yeni ortaya çıkan bir fenomendir. Buna ek olarak, ortak firmaların teknoloji uzmanlığı ve işbirliği geçmişlerinin de daha fazla araştırılması gerekmektedir.

Sürdürülebilir perspektifinden Endüstri 4.0 teknolojileri ve Tedarik Zinciri yönetiminin araçlarla birleştirmenin sunduğu dönüştürücü fırsat abartılamaz. (Benkhathi ve ark., 2023), (Dahmani ve ark., 2021), Shahin ve ark. (2020), Treviño-Elizondo ve ark. (2023), Akbal ve Doğan (2023), Li (2019), Mahmood ve Montagna (2013) ve Tripathi ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmalar, rekabet gücünü artırma, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma ve sosyal refaha katkıda bulunma konusunda bu entegre yaklaşımın potansiyelini topluca vurgulamaktadır. Üretim endüstrisindeki kuruluşlar bu entegre modeli benimsedikçe, kendilerini yalnızca operasyonel mükemmellik için değil, aynı zamanda

sürdürülebilir ve sosyal olarak bilinçli bir geleceğe sorumlu katkıda bulunanlar olarak da konumlandırılır.

SINIRLAMALAR VE GELECEKTEKİ ARAŞTIRMA YÖNLERİ

Ek olarak, gelecekteki keşif yollarını değerlendirirken araştırmacıların sektöre özgü uygulamaları derinlemesine incelemeleri, uygulama konusunda uzunlamasına çalışmalar yürütmeleri, ortaya çıkan teknolojileri keşfetmeleri, küresel karşılaştırmalı çalışmalar yapmaları, sürdürülebilirlik etkisinin nicel analizini kullanmaları, derinlemesine vaka çalışmaları yürütmeleri ve çalışan bakış açılarını değerlendirmeleri önerilmektedir

Çalışmada birkaç sınırlamayı kabul ediyoruz. İlk olarak, araştırmamız öncelikle üretim sektörüne odaklanmıştır ve önerilen modelin diğer sektörlerle doğrudan uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bulguların genelleştirilmesine, farklı organizasyonel bağlamların özgüllükleri göz önünde bulundurularak ihtiyatlı yaklaşılmalıdır. Dahası, modelin uygulanabilirliği, üretim organizasyonlarındaki birincil veri toplamasından elde edilen ampirik doğrulamadan yoksun olan mevcut literatüre ve kavramsal analize dayanmaktadır. Akıllı üretim teknolojilerinin dinamik yapısı, ortaya çıkan gelişmeleri dahil etmek için periyodik güncellemeler gerektiren bir zorluk oluşturmaktadır. Ek olarak, modelimiz ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsarken, belirli sürdürülebilirlik ölçümlerinin endüstri ve organizasyonel faktörlere göre özelleştirilmesi gerekebilir. Bu sınırlamalar, önerilen modelin sağlamlığını ve pratikliğini artırmak için gelecekteki araştırmalar için alanları vurgulamaktadır.

Etik Beyan

Bu çalışma NEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Fakültesi, İşletme Anabilim dalında “Sürdürülebilirlik Perspektifinden Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları Üzerine Etkisi: Bir Performans ve Olgunluk Ölçme Uygulaması” isimli tez çalışmasından üretilmiştir.

Etik Kurul Onayı

Çalışmadaki gerçekleştirmiş olduğumuz anket çalışması için etik onay alınmıştır.

Yazar Katkıları

Araştırma Tasarımı: Prof. Dr. Turan PAKSOY

Veri Toplama: MSc. Eng. İbrahim ÖZTÜRK

Araştırma- Veri Analizi – Doğrulama: MSc. Eng. İbrahim ÖZTÜRK

Makalenin Yazımı: MSc. Eng. İbrahim ÖZTÜRK

Metnin Tashihi ve Geliştirilmesi: Prof. Dr. Turan PAKSOY

Finansman

Makalenin herhangi bir finansmanı yoktur.

Çıkar Çatışması

Makalenin çıkar çatışması yoktur.

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG):

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme

REFERANSLAR

- A, S., & R, S. (2023). A systematic review of Explainable Artificial Intelligence models and applications: Recent developments and future trends. *Decision Analytics Journal*, 7, 100230. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100230>
- Akkara, J. D., & Kuriakose, A. (2023). To reuse or not reuse? That is a rebound question! *Indian Journal of Ophthalmology*, 71(7), 2914-2915. https://doi.org/10.4103/ijo.Ijo_411_23
- Bahrin, M., Othman, F., Azli, N., & Talib, M. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Barbier, E. B. (1987). The concept of sustainable economic development. *Environmental conservation*, 14(2), 101-110.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- Baumgärtner, S., & Quaas, M. (2010). What is sustainability economics? *Ecological Economics*, 69(3), 445-450.
- Blanchet, M. (2014). *Industrie 4.0: the new industrial revolution. How Europe will succeed*.
- Bramley, G., Dempsey, N., Power, S., & Brown, C. (2006). What is sustainability and how do existing urban forms perform in nurturing it? *Planning Research Conference*.
- Burton, E. (2000). The Compact City: Just or Just Compact? A Preliminary Analysis. *Urban Studies*, 37(11), 1969-2006. <https://doi.org/10.1080/00420980050162184>
- Cansino, J. M., Pablo-Romero, M. d. P., Román, R., & Yñiguez, R. (2011). Promoting renewable energy sources for heating and cooling in EU-27 countries. *Energy Policy*, 39(6), 3803-3812. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.010>
- Chavarría Barrientos, D., Batres, R., Wright, P., & Molina, A. (2017). A methodology to create a sensing, smart and sustainable manufacturing enterprise. *International Journal of Production Research*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1386333>
- Chen, X., Kurdve, M., Johansson, B., & Despeisse, M. (2023). Enabling the twin transitions: Digital technologies support environmental sustainability through lean principles. *Sustainable Production and Consumption*, 38, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.03.020>
- Chiappetta Jabbour, C. J., Fiorini, P. D. C., Ndubisi, N. O., Queiroz, M. M., & Piato, É. L. (2020). Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. *Science of The Total Environment*, 725, 138177. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138177>
- Chinna, P. R. (2016). LOGISTIC MANAGEMENT: A FEEDBACK STUDY ON SELECTED AUTOMOBILE TRANSPORTATION SYSTEMS. 1.
- Clim, A. (2019). *Cyber security beyond the Industry 4.0 era. A short review on a few technological promises*.
- Curtis, S. K., & Lehner, M. (2019). Defining the sharing economy for sustainability. *Sustainability*, 11(3), 567.
- Çelen, S. (2017). SANAYİ 4.0 VE SİMÜLASYON. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry* (33982/376175), 9-26.

- Dawson, J., & Thomson, R. (2018). The Future Cybersecurity Workforce: Going Beyond Technical Skills for Successful Cyber Performance. *Frontiers in Psychology*, 9, 744. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00744>
- de Paula Ferreira, W., Armellini, F., & De Santa-Eulalia, L. A. (2020). Simulation in industry 4.0: A state-of-the-art review. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106868. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106868>
- Delahaye, A., Salehy, Y., Derens-Bertheau, E., Duret, S., Adlouni, M. E., Merouani, A., . . . Hoang, H.-M. (2023). Strawberry supply chain: Energy and environmental assessment from a field study and comparison of different packaging materials. *International Journal of Refrigeration*, 153, 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2023.06.011>
- Delke, V., Schiele, H., Buchholz, W., & Kelly, S. (2023). Implementing Industry 4.0 technologies: Future roles in purchasing and supply management. *Technological Forecasting and Social Change*, 196, 122847. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122847>
- Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2020). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104583. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104583>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2021). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 32(1), 63-81. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1712487>
- Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017). IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. 3rd *International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS)*, 150-174.
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H., & Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 669-686. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
- Ghadimi, P., Ghassemi Toosi, F., & Heavey, C. (2018). A multi-agent systems approach for sustainable supplier selection and order allocation in a partnership supply chain. *European Journal of Operational Research*, 269(1), 286-301. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.07.014>
- Gunduz, M. A., Demir, S., & Paksoy, T. (2021). Matching functions of supply chain management with smart and sustainable Tools: A novel hybrid BWM-QFD based method. *Computers & Industrial Engineering*, 162, 107676. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107676>
- Gündüz, M. A., Demir, S., & Paksoy, T. (2024). Road-mapping for smart and lean tools with a sustainability perspective: A new model proposal. *Journal of Transportation and Logistics*. <https://doi.org/10.26650/JTL.2024.1329972>
- Halvorsen, H.-P. (2021). Cyber Security. Retrieved from https://www.halvorsen.blog/documents/technology/cyber_security/cyber_security.php
- Hayes, A. (2020). Augmented Reality. Retrieved from <https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>
- Hinrichsen, T.-F., Fries, C., Hagg, M., & Fechter, M. (2023). Order Management Perspective on Fluid Manufacturing Systems. *Procedia Computer Science*, 217, 413-422. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.237>
- Kahraman, H. (2021). Endüstri 4.0 ile Katmanlı Üretim. Retrieved from <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-katmanli-uretim/>
- Kevin, M., & Ana, F. I. (2019). Case Study - Customer Relation Management, Smart Information

- Systems and Ethics. *The ORBIT Journal*, 2(2), 1-24. <https://doi.org/10.29297/orbit.v2i2.114>
- Khan, S. A. R., Tabish, M., & Zhang, Y. (2023). Embrace of industry 4.0 and sustainable supply chain practices under the shadow of practice-based view theory: Ensuring environmental sustainability in corporate sector. *Journal of Cleaner Production*, 398, 136609. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136609>
- Kim, S., Mai, T. D., Han, S., Park, S., Nguyen, D. K. T., So, J., . . . Cha, M. (2023). Active Learning for Human-in-the-Loop Customs Inspection. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 35(12), 12039-12052. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2022.3144299>
- Kugler, M., Brandenburg, M., & Limant, S. (2021). Automizing the manual link in maritime supply chains? An analysis of twistlock handling automation in container terminals. *Maritime Transport Research*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.martra.2021.100017>
- Lara, M., Saucedo, J., Marmolejo, J., Salais, T., & Vasant, P. (2020). Vertical and horizontal integration systems in Industry 4.0. *Wireless Networks*, 26. <https://doi.org/10.1007/s11276-018-1873-2>
- Leng, J., Ruan, G., Song, Y., Liu, Q., Fu, Y., Ding, K., & Chen, X. (2021). A loosely-coupled deep reinforcement learning approach for order acceptance decision of mass-individualized printed circuit board manufacturing in industry 4.0. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124405. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124405>
- Lin, Z., Cai, C., & Xu, B. (2010). Supply chain coordination with insurance contract. *European Journal of Operational Research*, 205(2), 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.013>
- Liu, Q., Browne, A. L., & Iossifova, D. (2022). A socio-material approach to resource consumption and environmental sustainability of tourist accommodations in a Chinese hot spring town. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 424-437. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.021>
- Liu, Z., Zhao, D., Wang, P., Yan, M., Yang, C., Chen, Z., . . . Lu, Z. (2022). Additive manufacturing of metals: Microstructure evolution and multistage control. *Journal of Materials Science & Technology*, 100, 224-236. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.06.011>
- MacDougall, D., & MacDougall, D. (2022). *The art of the observer: A personal view of documentary*. *The art of the observer*: Manchester University Press.
- Okwu, M., U-Dominic, C., Orji, I., M, M., & Ayomoh, M. (2020). A review of the effect of Industry 4.0 on supply chain systems. In (pp. 463-492).
- Pajonk, A., Prieto, A., Blum, U., & Knaack, U. (2022). Multi-material additive manufacturing in architecture and construction: A review. *Journal of Building Engineering*, 45, 103603. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103603>
- Pandikumar, M. P., & Manickavasagam, V. M. (2023). Chapter 12 - Application of blockchain for handling volatility in supply chains—a finance perspective. In K. Mathiyazhagan, V. R. Sreedharan, D. Mathivathanan, & V. Sunder M (Eds.), *Blockchain in a Volatile-Uncertain-Complex-Ambiguous World* (pp. 163-193): Elsevier.
- Rashid, A., & Tjahjono, B. (2016). Achieving Manufacturing Excellence through the integration of Enterprise Systems and Simulation. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1143132>
- Sahay, B. S., & Ranjan, J. (2008). Real time business intelligence in supply chain analytics.

- Information Management & Computer Security*, 16(1), 28-48.
<https://doi.org/10.1108/09685220810862733>
- Sanders, N. (2007). An Empirical Study of the Impact of e-Business Technologies on Organizational Collaboration and Performance. *Journal of Operations Management - J OPER MANAG*, 25, 1332-1347. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.008>
- Sarvari, P., Ustundag, A., Cevikcan, E., Kaya, I., & Cebi, S. (2018). Technology Roadmap for Industry 4.0. In (pp. 95-103).
- Sfakianaki, E. (2015). Resource-efficient construction: Rethinking construction towards sustainability. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*.
- Shao, X.-F., Liu, W., Li, Y., Chaudhry, H., & Yue, X.-G. (2021). Multistage implementation framework for smart supply chain management under industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120354. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120354>
- Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory Management in Supply Chain. *Materials Today: Proceedings*, 5(2, Part 1), 3867-3872. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.641>
- Srinivasan, R., & Swink, M. (2015). Leveraging Supply Chain Integration through Planning Comprehensiveness: An Organizational Information Processing Theory Perspective. *Decision Sciences*, 46. <https://doi.org/10.1111/deci.12166>
- Strange, R., & Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184. <https://doi.org/10.1108/MBR-05-2017-0028>
- Takhar, S. (2018). *The Impact of Industry 4.0 on Supply Chains and Sustainability*.
- Trappey, A. J. C., Trappey, C. V., Hareesh Govindarajan, U., Chuang, A. C., & Sun, J. J. (2017). A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 208-229.
<https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.11.007>
- Velasquez, N., Estevez, E., & Pesado, P. (2018). Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures. *Journal of Computer Science and Technology*, 18, e29.
<https://doi.org/10.24215/16666038.18.e29>
- Wang, J., Xu, C., Zhang, J., & Zhong, R. (2021). Big data analytics for intelligent manufacturing systems: A review. *Journal of Manufacturing Systems*.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.005>
- Wu, L., Yue, X., Jin, A., & Yen, D. C. (2016). Smart supply chain management: a review and implications for future research. *The International Journal of Logistics Management*, 27(2), 395-417. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2014-0035>
- Yelis, B. (2021). Yatay ve Dikey Entegrasyon Nedir. Retrieved from
<https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/>