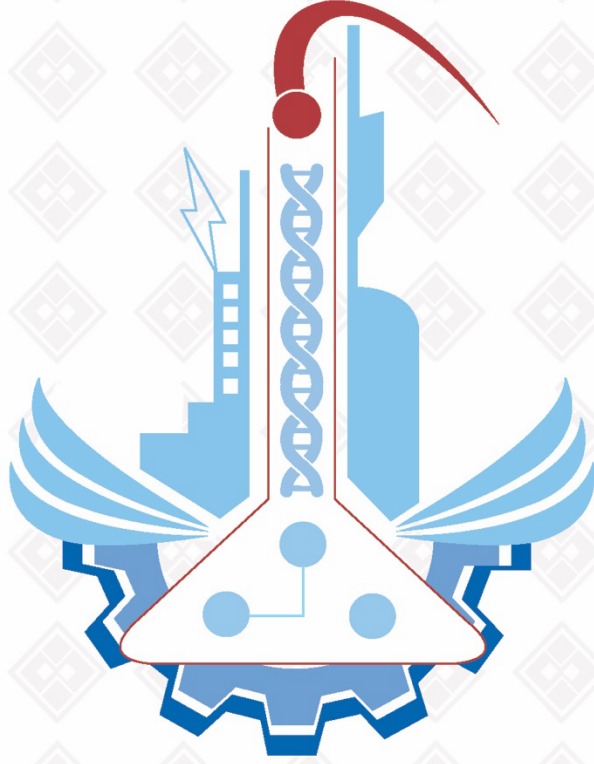


ISSN: 1308-9064

Cilt: 37 / Sayı: 1 / Yıl: 2025

FIRAT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ



Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Dergisi (FBD)
Cilt:37, Sayı:1, Yıl:2025
ISSN: 1308 - 9064

İletişim

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
23119, ELAZIĞ

Tel: 0 424 212 27 07
Faks: 0 424 236 99 55
e-posta: fenbilim@firat.edu.tr

Bu dergi yılda 2 kez ve hakemli olarak yayımlanır.

Derginin Eski Adı: Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi
Derginin Eski ISSN Numarası: 1300-2708

<http://dergipark.gov.tr/fufbd>

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Dergisi (FBD)

Sahibi

Prof. Dr. Fahrettin GÖKTAŞ
Fırat Üniversitesi Rektörü

Genel Yayın Yönetmeni

Prof. Dr. Burhan ERGEN
F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Baş Editörler

Prof. Dr. Emrah YILMAZ
F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür Yrd.

Editör

Doç. Dr. Nida KATI
Fırat Ü. Teknoloji F. Öğretim Üyesi

Doç. Dr. Ferhat UÇAR
F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür Yrd.

DANIŞMA KURULU

İsim	Kurum
Prof. Dr. Abdülkadir ŞENGÜR	Fırat Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet Kadri CETİN	Fırat Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ali KARCI	İnönü Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ali YAZICI	Atılım Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Deniz UNER	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ercan AKSOY	Fırat Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Erhan AKIN	Fırat Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ertan GÖKALP	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Güneş S. KÜRKCÜOĞLU	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Haluk KORALAY	Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hanifi GÜLDEMİR	Fırat Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hikmet GEÇKİL	İnönü Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İlhami KIZIROĞLU	OSTİM Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İlker Bekir TOPÇU	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İzzet KARA	Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mahmut ELP	Kastamonu Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ömer AKIN	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Resul DAŞ	Fırat Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Serdar SALMAN	Milli Savunma Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Serkan DAĞ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Seyfettin ÇAKMAK	Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ülkü YETİŞ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Zühtü Hakan AKPOLAT	Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Türkiye

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

1. **Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemi ile Üretilen Aktif Karbonun Mikroyapı Analizi**
Microstructure Analysis of Activated Carbon Produced by Hydrothermal Carbonization Method
Nida Katı, Ferhat Uçar, Gözde Tokgöz 1-7
2. **Co Katkılı Na_{0,67}Mn_{0,5}Fe_{0,43}Ti_{0,07}O₂ Katot Malzemelerinin Üretimi ve Elektrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi**
Production of Co Doped Na_{0,67}Mn_{0,5}Fe_{0,43}Ti_{0,07}O₂ Cathode Materials and Examination of Electrochemical Properties
Ömer Faruk Toy, Murat Buldu, Serdar Altın, Canan Aksu Canbay 9-18
3. **IoT Sistemleri ve Makine Öğrenmesi Teknikleri Kullanılarak Boğulma ve Yangın Risklerinin Tahmini**
Predicting Suffocation and Fire Risks Using IoT Systems and Machine Learning Techniques
Leonel Fokouong Nobosse, Zuhai Can 19-26
4. **Disleksi için Yenilikçi Eğitim Teknolojileri: Artırılmış Gerçekliğin Rolü**
Innovative Educational Technologies for Dyslexia: The Role of Augmented Reality
Mehmet Şahin Açıkkapı 27-33
5. **Biyolojik Alanlarda Yapay Zeka: İnovasyonlar ve Pratik Uygulamalar**
Artificial Intelligence in Biological Fields: Innovations and Practical Applications
Nasrullah Celayir, Abdullah Aslan 35-43

Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemi ile Üretilen Aktif Karbonun Mikroyapı Analizi

Nida KATI^{1*}, Ferhat UÇAR², Gözde TOKGÖZ³

^{1,3} Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

² Yazılım Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

*¹ nkati@firat.edu.tr, ² fucar@firat.edu.tr, gzdecskn1@gmail.com

(Geliş/Received: 27/11/2024;

Kabul/Accepted: 14/12/2024)

Öz: Bu çalışmada, kayısı çekirdeği kabuğundan hidrotermal karbonizasyon ve kimyasal aktivasyon yöntemleriyle üretilen aktif karbonların mikroyapısal özellikleri incelenmiştir. Modern dünyada artan atık yönetimi ihtiyacı kapsamında, biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Çalışmada, kayısı çekirdeği kabukları önce hidrotermal karbonizasyon işlemine tabi tutulmuş, ardından KOH aktivasyonu ile gözenekli yapı geliştirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri ile malzemelerin yüzey morfolojisi karakterize edilmiştir. Hidrotermal karbonizasyon sonucu üretilen hidrokömürlerde düzensiz morfoloji ve kapalı gözenek yapısı gözlemlenirken, kimyasal aktivasyon sonrası nanometre-mikrometre ölçeğinde hiyerarşik gözenek yapıları oluşmuştur. Aktivasyon sıcaklığının 240°C'den 260°C'ye yükseltilmesi gözenek gelişimini olumlu etkilerken, 300°C'ye çıkılması belirgin bir değişikliğe neden olmamıştır. S-A2 numunesi en yüksek gözenekliliği sergilemiştir. KOH aktivasyonunun düzenli ve homojen dağılımlı mikro gözenekler oluşturduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, kayısı çekirdeği kabuğunun kontrollü gözenek yapısına sahip yüksek performanslı aktif karbon üretimi için uygun bir hammadde olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Hidrotermal karbonizasyon, kayısı çekirdeği kabuğu, aktif karbon, mikroyapı.

Microstructure Analysis of Activated Carbon Produced by Hydrothermal Carbonization Method

Abstract: In this study, the microstructural properties of activated carbons produced from apricot kernel shells through hydrothermal carbonization and chemical activation methods were investigated. Within the scope of increasing waste management needs in the modern world, the utilization of biomass resources has gained importance. In the study, apricot kernel shells were first subjected to hydrothermal carbonization, followed by the development of porous structure through KOH activation. Surface morphology of the materials was characterized by scanning electron microscopy (SEM) analyses. While irregular morphology and closed pore structure were observed in hydrochars produced by hydrothermal carbonization, hierarchical pore structures at nanometer-micrometer scale were formed after chemical activation. While increasing the activation temperature from 240°C to 260°C positively affected pore development, increasing to 300°C did not cause a significant change. Sample S-A2 exhibited the highest porosity. It was determined that KOH activation created regular and homogeneously distributed micropores. The results showed that apricot kernel shell is a suitable raw material for producing high-performance activated carbon with controlled pore structure.

Key words: Hydrothermal carbonization, Apricot kernel shell, Activated carbon, Microstructure.

1. Giriş

Modern dünyada kaynakların sınırlı olması ve değişen toplumsal ihtiyaçlar, çeşitli formlarda atık birikimini beraberinde getirmiştir. Bu atıklar, ekonomik değerlerine göre geri dönüşüm proseslerine tabi tutulmaktadır. Endüstriyel, tıbbi, ticari, hayvansal ve tarımsal kaynaklı atıklar başlıca çevresel atık kategorilerini oluşturmaktadır. Bu atıkların geri kazanımı, hem sınırlı doğal kaynakların korunması hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir [1]. Biyokütle, jeolojik süreçlerle fosilleşmemiş biyolojik orijinli organik materyaller olarak tanımlanmakta olup, kimyasal kompozisyonunda predominant olarak karbon (C) elementi ile birlikte hidrojen (H), azot (N), oksijen (O) ve eser miktarda alkali, toprak alkali elementler ve ağır metalleri içermektedir. Bu terim, karbonhidrat yapısına sahip tüm doğal bitkisel ve hayvansal materyalleri kapsayan geniş bir tanımlamadır. Bu materyallerin enerji eldesi amacıyla kullanılmasıyla elde edilen enerji türü, biyokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır. Biyokütle kaynakları; karasal ve sucul bitkiler, hayvansal atıklar, gıda endüstrisi yan ürünleri, orman ürünleri ve kentsel atıklar gibi bir yüzyıl içerisinde yenilenebilir özellik gösteren materyalleri içermektedir. Atıkların geri dönüşümü ile elde edilen biyokütle, enerji kaynağı olarak kullanılabilirliği gibi, çeşitli işlem ve aktivasyonlarla yüksek yüzey alanına sahip aktif karbon gibi adsorban malzemelere de dönüştürülebilmektedir.

Aktif karbonun adsorpsiyon özellikleri, por yapısına (por büyüklüğü ve dağılımı) ve yüzey kimyasına bağlıdır. Karboksil, fenol, lakton, aldehit ve keton gibi yüzey fonksiyonel grupları, karbonun asit-baz özelliklerini

* Sorumlu yazar: nkati@firat.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0001-7953-1258, ² 0000-0001-9366-6124, ³ 0000-0001-8102-6410

etkiler. Aktif karbon üretiminde fiziksel (termal) aktivasyon ve kimyasal aktivasyon olmak üzere iki ana yöntem kullanılır. Her iki yöntemde de hedef, yüksek yüzey alanına ve uygun por dağılımına sahip malzemeler üretmektir. Bu süreçte por gelişimi; erişilemeyen porların genişlemesi, yeni porların oluşumu, mevcut porların genişlemesi ve por duvarlarının kırılması ile birleşmelerden oluşur. Termal aktivasyon süreci, karbonlama ve gaz aktivasyonu olarak iki aşamada yapılır. Karbonlama işlemi piroliz temellidir ve 700 °C’de inert bir atmosferde yapılır, karbon içeriği artar. Daha sonra, gaz aktivasyonu ile malzemenin por yapısı geliştirilir [2–4]. Aktif karbon üretiminde termal ve kimyasal aktivasyon gibi geleneksel yöntemler yaygın olarak kullanılırken, hidrotermal karbonizasyon (HTC) süreci de biyokütle atıklarından fonksiyonel karbon bazlı malzemelerin elde edilmesi açısından çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. HTC, yüksek sıcaklık ve basınç altında biyokütleyi, karbon nanotüp, grafit ve aktif karbon gibi ileri malzemelere dönüştürerek karbon verimliliği sağlarken, süreç parametreleri üzerinde kontrol imkânı sunmaktadır. HTC prosesi, biyokütle atıklarından fonksiyonel karbon bazlı malzemelerin sentezinde kullanılan çevre dostu ve sürdürülebilir bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir. Bu termal dönüşüm prosesi, çeşitli biyokütle kaynaklarını yüksek karbon içeriğine sahip dumansız katı yakıtlara dönüştürme kabiliyetine sahiptir. Piroliz teknolojisine benzer prensiplerle çalışan HTC prosesi, yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında karbon nanotüp, grafit ve aktif karbon gibi ileri malzemelerin sentezine olanak sağlamaktadır. Prosesin en önemli avantajlarından biri, organik atıklardaki karbonun neredeyse tamamını biyokömüre dönüştürebilmesi ve yaklaşık %100’lük karbon verimliliğine ulaşabilmesidir. HTC teknolojisi, sulu ortamdaki biyokütlenin katma değeri yüksek ürünlere dönüşümünü sağlayan bir procesdir. Proses parametreleri olarak tipik olarak 200-250°C sıcaklık aralığı ve yüksek basınç koşulları tercih edilmekte olup, reaksiyon ortamının pH’ının kontrolü amacıyla asidik/bazik bileşikler veya spesifik katalizörler kullanılabilir [5,6].

Biyokütleden Aktif karbonların sentezi, karakterizasyonu ve uygulamaları ile ilgili çalışmalar literatürde önemli bir yer bulmaktadır. Hu ve Srinivasan, hindistan cevizi kabuğunu KOH ile aktive ederek yüksek yüzey alanına sahip aktif karbonlar üretmişlerdir [7]. Antep fıstığı kabuklarından KOH aktivasyonu ile hazırlanan aktif karbonların özellikleri üzerine sıcaklığının etkisi Lua ve Yang tarafından incelenmiştir. Sıcaklığın 500 °C’den 800 °C’ye yükseltilmesiyle mikrogözenek hacminin arttığını belirtmişlerdir [8]. Çemrek çalışmasında kayısı çekirdeği kabuğu ve kestane kabuğunun bir enerji kaynağı olarak kullanımını araştırmıştır [9]. Utku, çalışmasında farklı biyokütleler (kayısı çekirdeği kabuğu, ceviz kabuğu, seftali çekirdeği kabuğu, Antep fıstığı kabuğu, badem çekirdeği kabuğu) kullanarak karbonize edildikten sonra kimyasal aktivasyon yöntemi ile KOH kullanılarak aktif karbon elde etmiş ve tüm aktif karbon örneklerinin adsorpsiyon kapasitelerini incelemiştir [10].

Biyokütleden aktif karbon üretimi üzerine yapılan birçok çalışma literatürde geniş bir yer bulmakla birlikte, bu üretim süreçlerinde elde edilen aktif karbonların mikroyapılarındaki değişimleri doğrudan ve ayrıntılı olarak inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Aktif karbonların mikrogözenek yapısı, adsorpsiyon kapasitesi ve yüzey özellikleri açısından belirleyici olduğundan, bu yapıdaki değişimlerin kapsamlı bir analizini sunan araştırmalara duyulan ihtiyaç büyüktür. Özellikle biyokütle kaynaklarının farklı aktivasyon yöntemleri ile işlenmesi sonucu oluşan mikroyapısal değişimlerin anlaşılması, uygulama alanlarında daha verimli ve optimize edilmiş aktif karbon üretimi için önem taşımaktadır.

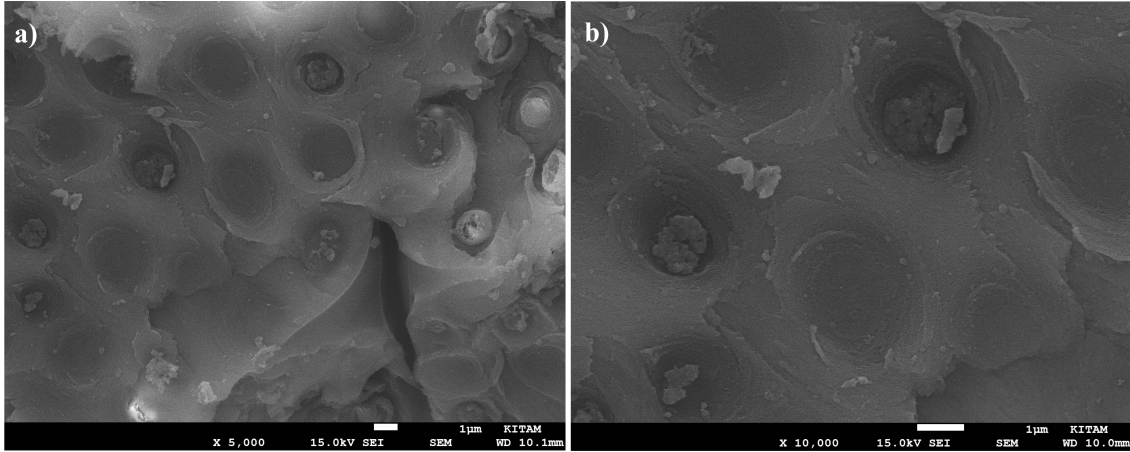
2. Materyal ve Metot

Deneyisel çalışmalarda hammadde olarak Elazığ bölgesinden tedarik edilen kayısı çekirdeği kabukları kullanılmıştır. Kabuklar, laboratuvar ortamında Waring marka blender kullanılarak 60 mesh boyutuna öğütülmüş ve toz formunda cam kavanozlarda depolanmıştır. Aktivasyon prosesinde Kimyalab marka Potasyum hidroksit (KOH, CAS: 1310-58-3) kullanılırken, yıkama işlemlerinde Biorad marka hidroklorik asit (HCl) tercih edilmiştir. Hidrotermal karbonizasyon prosesi için, 4 g kayısı çekirdeği kabuğu tozu (S-OA) 40 mL distile su ile süspanse edilmiştir. Süspanسیون, 70°C’de 4 saat manyetik karıştırıcıda homojenize edildikten sonra 5 dakika ultrasonik sonikatör ile muamele edilmiştir. Hazırlanan süspanسیون, 100 mL kapasiteli teflon kap içeren Fytronix marka FYHT-5000 model paslanmaz çelik reaktöre transfer edilmiştir. Reaktör içeriği 24 saat süreyle 240°C, 260°C ve 300°C sıcaklıklarda hidrotermal karbonizasyona tabi tutularak farklı özelliklerde hidrokömürler sentezlenmiştir. Elde edilen hidrokömürler membran filtre kağıdı kullanılarak filtre edilmiş, deiyonize su ile yıkanmış ve 100°C’de 24 saat etüvde kurutulmuştur. Kurutulan ürünlerin 1/3’ü referans numunesi olarak ayrılmış ve S-H1, S-H2 ve S-H3 kodlarıyla etiketlenmiştir. Kalan hidrokömürler, KOH ile 1:3 (w/w) oranında karıştırılarak 70-80°C sıcaklık aralığında 4 saat boyunca kimyasal aktivasyon prosesine tabi tutulmuştur. Aktivasyon sonrası numuneler filtrasyon ile ayrılmış ve 100°C’de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan numuneler seramik kaplara transfer edilerek tüp fırında karbonizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Karbonizasyon prosesi, 300 cm³/dk N₂ gazı akışı altında, 10°C/dk ısıtma hızıyla 700°C’de 1 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen aktif karbonlar, pH 6-7 seviyesine ulaşmaya kadar önce HCl çözeltisi ardından deiyonize su ile yıkanmıştır. Yıkanan numuneler filtre edildikten sonra 100°C’de 24 saat kurutulmuş ve S-A1, S-A2 ve S-A3 kodlarıyla etiketlenmiştir.

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), yüzey taramak amacıyla yüksek enerjili elektronları küçük bir alana odaklayarak kullanır. Bu yöntem, katı örneklerin yüzeyine yüksek enerjili elektron demetleri göndererek, yüzeydeki atomlarla elektronlar arasında gerçekleşen fiziksel etkileşimler sonucunda sinyaller üretir ve görüntüler oluşturur. SEM, numune yüzeyinden yansıyan elektronlar sayesinde katı yüzeylerin morfolojik ve yüzeyel özelliklerini analiz etmeye olanak tanır. Bu teknik, başlangıç malzemesinin karbon bazlı maddelere dönüştürülmesi sırasında meydana gelen termal ve kimyasal işlemler sonucunda malzemenin morfolojisindeki değişiklikleri incelemek için yaygın olarak kullanılır. Aynı zamanda karbon kürelerin homojenliği, morfolojisi, çapı ve kimyasal bileşimi hakkında bilgi sağlar. Bu çalışmada, hidrokömürler ve aktif karbonların mikroyapı özellikleri SEM analizleriyle karakterize edilmiştir. Analizler, Ondokuz Mayıs Üniversitesi KİTAM Laboratuvarı'nda bulunan JEOL marka JSM-7001F model SEM cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Mikroyapı Sonuçları

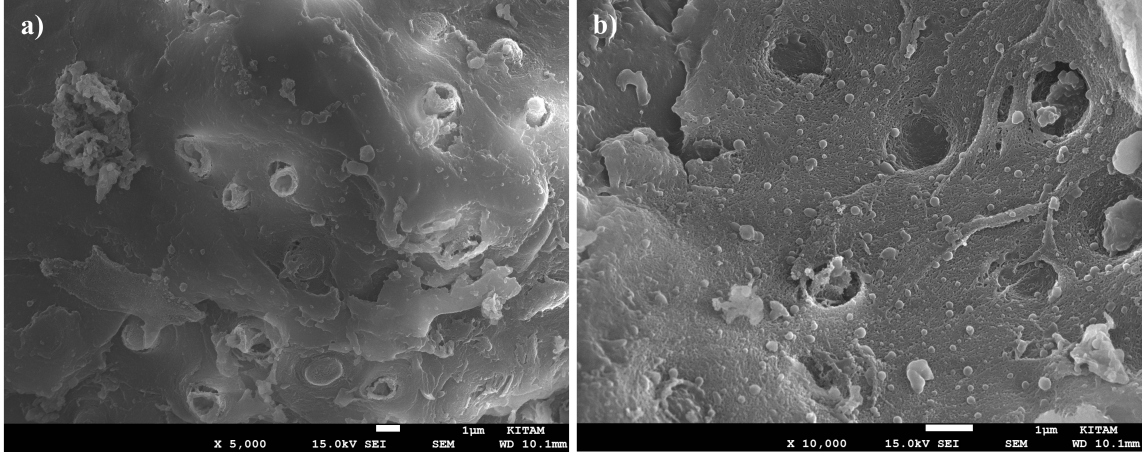
Hidrotermal yöntemle üretilen aktif karbonların mikroyapısal özellikleri, aktivasyon işlemi sürecinde önemli dönüşümler sergiler. Aktivasyon öncesi numuneler, kompakt ve sıkı bir yapıda olup minimal gözenek içerir, bu durum düşük yüzey alanı ve sınırlı adsorpsiyon kapasitesi ile karakterizedir. Buna karşılık aktivasyon yöntemleri uygulandığında, malzemenin iç yapısında radikal değişiklikler meydana gelir. Aktivasyon sonrası elde edilen aktif karbon numuneleri, geniş ve karmaşık bir gözenek ağı, artmış yüzey alanı ve farklı boyutlarda gözenekler içerir. Bu mikroyapısal dönüşüm, malzemenin adsorpsiyon performansını önemli ölçüde geliştirerek, çevre ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilirliğini artırır.



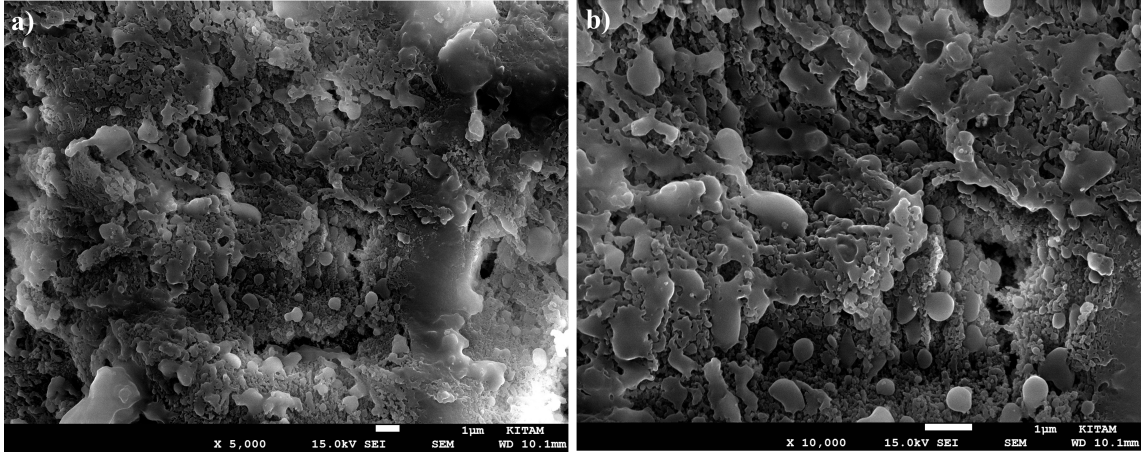
Şekil 1. S-H1 (240 °C) numunesine ait SEM görüntüleri a)5000x b)10000x.

Ham kayısı çekirdeği kabuğunun yapısal karakterizasyonu ve yüzey morfolojisindeki değişimleri detaylı bir şekilde incelemek amacıyla, hidrotermal karbonizasyon öncesi, sonrası ve kimyasal aktivasyon işlemi sonrasındaki aşamalarda kapsamlı taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri gerçekleştirilmiştir. SEM görüntüleme tekniği kullanılarak elde edilen mikroyapısal veriler, malzemenin üretim sürecinin her bir aşamasında meydana gelen fiziksel ve morfolojik değişimleri açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Kimyasal aktivasyon işlemine tabi tutulan aktif karbon numunelerinin (S-A1, S-A2 ve S-A3) mikroyapısal karakterizasyonu, taramalı elektron mikroskobu analizi ile detaylı olarak incelenmiş ve elde edilen SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da sunulmuştur. KOH aktivasyon ajanı kullanılarak gerçekleştirilen işlem sonucunda, literatürdeki benzer çalışmalarla [10] uyumlu olarak, nanometreden mikrometreye uzanan geniş bir ölçek aralığında hiyerarşik olarak düzenlenmiş gözenek yapıları olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle S-A2 numunesinin, S-A1 ve S-A3 numunelerine kıyasla daha yüksek gözeneklilik oranı sergilediği ve malzemenin iç bölgelerine doğru daha fazla açık gözenek yapısı geliştirdiği tespit edilmiştir.



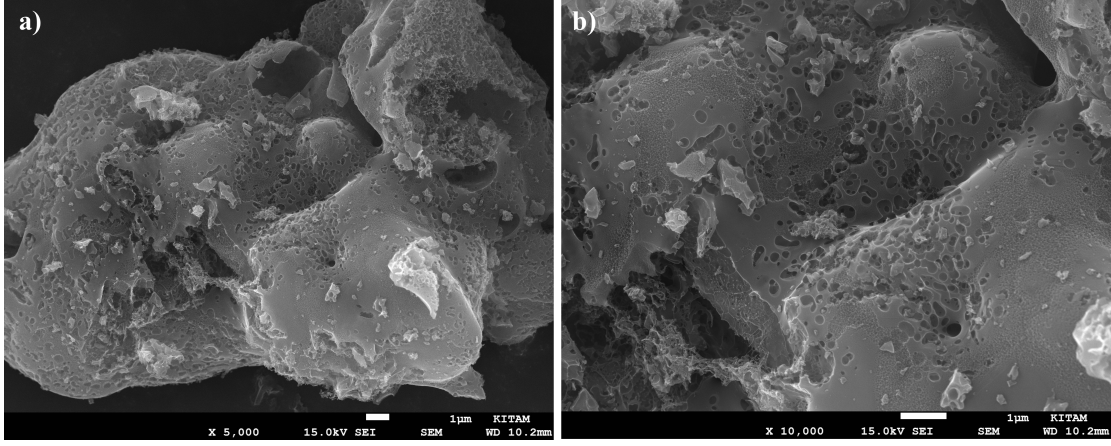
Şekil 2. S-H2 (260 °C) numunesine ait SEM görüntüleri a)5000x b)10000x.



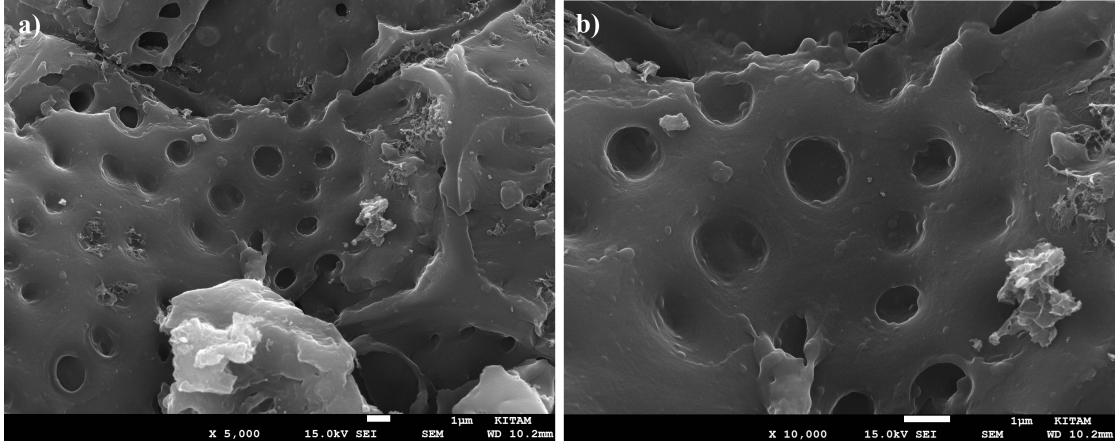
Şekil 3. S-H3 (300 °C) numunesine ait SEM görüntüleri a)5000x b)10000x.

Hidrotermal karbonizasyon sonrası numunelere ait SEM resimleri Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Karbonizasyon işlemi sonrasında ham kayısı çekirdeği kabuğunun başlangıçtaki kompakt ve düzensiz yüzey morfolojisinde önemli değişimler gözlemlenmiştir. Bu süreçte, biyokütle yapısındaki lignin, selüloz ve hemiselüloz bileşenlerinin termal parçalanması sonucunda nanometre ile mikrometre ölçeğinde değişen boyutlarda gözenekli yapıların oluşumu tespit edilmiştir. Özellikle, hidrotermal reaksiyonla üretilen hidrokömür numunelerinde (S-H1, S-H2 ve S-H3) literatürde rapor edilen benzer çalışmalarla [11] uyumlu sonuçlar elde edilmiş olup, aktive edilmemiş hidrokömürlerin SEM görüntülerinde düzensiz morfolojiye sahip mikron boyutlu parçacıklar ve yüzeyde henüz tam olarak gelişmemiş, kapalı gözenek yapıları gözlemlenmiştir.

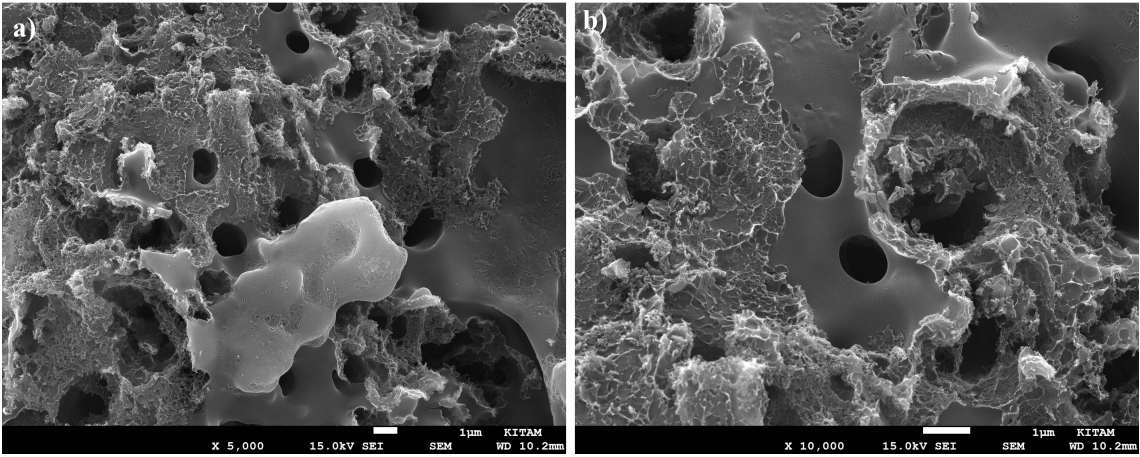
Biyokütle bazlı aktif karbon üretiminde, başlangıç malzemesinin doğası ve yapısal özellikleri, elde edilen son ürünün mikroyapısal karakteristiğini önemli ölçüde etkilemektedir. Literatürde rapor edildiği üzere, farklı tarımsal biyokütle kaynakları, benzer proses parametreleri altında işlem görseler bile, kendilerine özgü mikroyapısal özellikler sergilemektedir. Örneğin, ceviz kabuğundan üretilen aktif karbonlar daha uniform ve homojen bir yapı gösterirken, zeytin çekirdeğinden elde edilen ürünler belirgin şekilde daha pürüzlü ve heterojen yüzey morfolojisi sergilemektedir [10]. Bu çalışmada incelenen kayısı çekirdeği kabuğundan üretilen aktif karbonların SEM analizleri, malzemenin zeytin çekirdeğine benzer şekilde pürüzlü ve heterojen bir yüzey karakteristiğine sahip olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 4. S-A1 (240 °C) numunesine ait SEM görüntüleri a)5000x b)10000x.



Şekil 5. S-A2 (260 °C) numunesine ait SEM görüntüleri a)5000x b)10000x.



Şekil 6. S-A3 (300 °C) numunesine ait SEM görüntüleri a)5000x b)10000x.

Aktivasyon ajanının seçimi de mikroyapı gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır. Yahya ve arkadaşlarının [12] gerçekleştirdiği sistematik çalışmada, farklı aktivasyon ajanlarının karakteristik mikroyapı oluşumlarına yol açtığı detaylı olarak belgelenmiştir. $ZnCl_2$ aktivasyonu, buharlaşma mekanizması nedeniyle yüzeyde çok sayıda makro boyutlu boşluk ve oyuk oluştururken, KOH aktivasyonu daha düzenli ve homojen dağılımlı mikro gözenekli bir yapı geliştirmekte, H_3PO_4 aktivasyonu ise dış yüzey morfolojisini göreceli olarak daha az etkilemektedir.

Aktivasyon sıcaklığının mikroyapı gelişimi üzerindeki etkisi, Şekil 4 ve Şekil 5'te açıkça görülmektedir. 240°C'de aktive edilen numuneye (Şekil 4) kıyasla, 260°C'de işlem gören numunede (Şekil 5) gözenek boyutlarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, artan sıcaklığın gözenek genişlemesini teşvik ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte, Şekil 5 ve Şekil 6'da görülen numuneler arasındaki mikroyapısal farklılıkların nispeten sınırlı olması, aktivasyon sıcaklığının 300°C'ye yükseltilmesinin yüzey morfolojisinde belirgin bir değişikliğe neden olmadığını ve S-A3 numunesinin temel yapısal karakteristiğini koruduğunu göstermektedir.

Bu mikroyapı analizi, aktivasyon sıcaklığı ve süresi gibi proses parametrelerinin optimize edilmesinde ve istenilen gözenek karakteristiğine sahip aktif karbonların üretiminde önemli bir rehber niteliğindedir. Kimyasal aktivasyon işlemi sonrasında yüzey morfolojisinde daha belirgin ve kontrollü yapısal modifikasyonlar meydana gelmiştir. Bu aşamada, aktivasyon ajanının etkisiyle karbon iskeletinde meydana gelen kimyasal aşınma ve yeniden yapılanma sonucunda, gözenek boyut dağılımı daha homojen hale gelmiştir. Aktivasyon işlemi sonrası oluşan bu gelişmiş gözenek ağı yapısı, malzemenin adsorpsiyon kapasitesi ve yüzey reaktivitesi gibi önemli fizikokimyasal özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu yapısal dönüşümler, elde edilen malzemenin potansiyel uygulama alanlarının genişletilmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Bu süreçsel değişimlerin sistematik olarak incelenmesi, ham kayısı çekirdeği kabuğundan yüksek performanslı karbonlu malzemelerin üretim parametrelerinin optimize edilmesine ve malzeme özelliklerinin kontrollü bir şekilde tasarlanmasına olanak sağlamaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, kayısı çekirdeği kabuğundan hidrotermal karbonizasyon ve kimyasal aktivasyon yöntemleriyle üretilen aktif karbonların mikroyapısal özellikleri kapsamlı olarak incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Hidrotermal karbonizasyon işlemi sonucunda üretilen hidrokömür numunelerinde (S-H1, S-H2 ve S-H3) düzensiz morfolojiye sahip mikron boyutlu parçacıklar ve henüz tam gelişmemiş kapalı gözenek yapıları gözlemlenmiştir.
2. KOH aktivasyonu sonrasında numunelerde (S-A1, S-A2 ve S-A3) nanometre ile mikron arasında değişen boyutlarda hiyerarşik düzenli gözenek yapıları oluşmuştur. S-A2 numunesi, diğer numunelere kıyasla daha yüksek gözeneklilik ve iç kısımlara doğru daha fazla açık gözenek yapısı sergilemiştir.
3. Aktivasyon sıcaklığının artırılması (240°C'den 260°C'ye) gözenek genişlemesini teşvik etmiş, ancak 300°C'ye çıkılması yüzey morfolojisinde belirgin bir değişikliğe neden olmamıştır.
4. Proses parametrelerinin mikroyapı üzerindeki etkilerinin sistematik analizi, yüksek performanslı aktif karbon üretimi için optimum koşulların belirlenmesine önemli katkı sağlamıştır.

Bu sonuçlar, kayısı çekirdeği kabuğunun hidrotermal karbonizasyon ve kimyasal aktivasyon yöntemleriyle işlenmesinin, kontrollü gözenek yapısına sahip yüksek performanslı aktif karbon üretimi için uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] MŞ Akkuş. Endüstriyel Atıktan Hidrotermal Yöntemle Hazırlanan Fonksiyonel Karbon Malzemelerin Çevre Ve Enerji Uygulamalarında Kullanılabilirliğin İncelenmesi, Batman Üniversitesi, 2022.
- [2] A Aygün, S Yenisoy-Karakaş, I Duman, Production of granular activated carbon from fruit stones and nutshells and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties, Microporous Mesoporous Mater. 2003;(66) 189–195.
- [3] AL Cazetta, AMM Vargas, EM Nogami, MH Kunita, MR Guilherme, AC Martins, TL Silva, JCG Moraes, VC. Almeida. NaOH-activated carbon of high surface area produced from coconut shell: Kinetics and equilibrium studies from the methylene blue adsorption, Chem Eng J 2011, 174;117–125.
- [4] OÖ Namal. Sulu Çözeltilerden Modifiyeli Kayısı Çekirdeği Kabuğu ile Metilen Mavisi Boyasının Giderimi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, 2017.
- [5] A Boylu, Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemiyle Adsorban Geliştirilmesi ve Uygulamaları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2021.

- [6] A Kıvanç. Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemiyle Gerçek ve Model Biyokütlelerden Karbon Nanoküre Sentezi ve Karakterizasyonu, Ankara Üniversitesi Fen, 2012.
- [7] Z Hu, MP Srinivasan. Preparation of high-surface-area activated carbons from coconut shell, *Microporous Mesoporous Mater* 1999; (27) 11–18.
- [8] AC Lua, T Yang. Effect of activation temperature on the textural and chemical properties of potassium hydroxide activated carbon prepared from pistachio-nut shell, *J Colloid Interface Sci* 2004;(274) 594–601.
- [9] Ş Çemrek. Kayısı Çekirdeği ve Kestane Kabuklarının Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2011.
- [10] T Utku. Biyokütle karışımlarının farklı sıcaklık ve ısıtma hızlarında karbonizasyonu ile karbonize ürünlerden Koh kullanılarak aktif karbon eldesi ve karakterizasyonu, İnönü Üniversitesi, 2021.
- [11] M Rajesh, R Manikandan, S Park, BC Kim, WJ Cho, KH Yu, CJ Raj, Pinecone biomass-derived activated carbon: the potential electrode material for the development of symmetric and asymmetric supercapacitors, *Int J Energy Res* 2020;(44): 8591–8605.
- [12] MA Yahya, Z Al-Qodah, CWZ Ngah, Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review, *Renew Sustain Energy Rev* 2015;(46) 218–235.

Co Katkılı $Na_{0,67}Mn_{0,5}Fe_{0,43}Ti_{0,07}O_2$ Katot Malzemelerinin Üretimi ve Elektrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi

Ömer Faruk TOY¹, Murat BULDU², Serdar ALTIN³, Canan Aksu CANBAY^{4*}

^{1,2,3} Fizik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, İnönü Üniversitesi, 44280, Malatya, Türkiye

⁴ Fizik Bölümü, Fen Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

*⁴ caksu@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 10/06/2024;

Kabul/Accepted: 18/12/2024)

Öz: Bu çalışmada $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ bileşiğinin üretimleri $x=0,1, 0,2, 0,3, 0,4$ ve $0,5$ oranında Co elementi katılarak geleneksel katihal reaksiyon yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Üretilen örneklerin yapısal analizleri sırasıyla X-ışını kırınımı (XRD), Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-ışını (EDX) yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan toz malzemeler Na-iyon bataryalarda katot aktif malzemelerinin üretiminde kullanılmış ve buton tipi CR2032 hücreler üretilerek elektrokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında Na metali kullanılarak yarım hücre testleri için Döngüsel Voltmetri (CV), Empedans Spektroskopisi (EİS), çevrim performans ölçümleri alınmıştır. Elde edilen batarya test sonuçları değerlendirildiğinde Co katılanması ile birlikte elektrokimyasal özelliklerin ciddi bir şekilde değiştiği ve $x=0,2$ katkılı örneklerde kapasite kayıplarının %16,7 değeri ile diğerlerine göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Na-iyon, Sodyum iyon katot, batarya.

Production of Co Doped $Na_{0,67}Mn_{0,5}Fe_{0,43}Ti_{0,07}O_2$ Cathode Materials and Examination of Electrochemical Properties

Abstract: In this study, the production of compound $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ was carried out according to the traditional solid-state reaction method by adding Co element at the ratio of $x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ and 0.5 . Structural analysis of the produced samples were performed by X-ray diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive X-Ray (EDX) analyses, respectively. The prepared powder materials were used in the production of cathode active materials in Na-ion batteries and button type CR2032 cells were produced and battery properties were examined. The performances of the batteries were investigated by performing electrochemical analyzes with the produced battery cells. Within the scope of this study, Cyclic Voltammetry (CV), Impedance Spectroscopy (EIS) and cycle performance measurements were taken for half-cell tests using Na metal. When the battery test results were evaluated, it was determined that the electrochemical properties changed significantly with Co doping, and capacity losses were less in samples with $x = 0.2$ doping.

Key words: Na-ion, Sodium ion cathode, battery.

1. Giriş

Günümüzde artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için ortaya konulan çözümler farklı varyasyonlarla karşımıza çıkmaktadır. İklim değişiklikleri ve karbon ayak izindeki miktar artışı yenilenebilir enerji kaynaklarının zorunluluğunu ziyadesiyle ortaya koymaktadır. Dünya iklim değişikliklerinin temel etkeni olarak sera gazı emisyonlarındaki artışın raporlanmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar günümüzde artarak devam etmektedir [1].

Sanayileşme ve nüfusun artması sebebiyle artan enerji ihtiyacı tam olarak karşılanamakta ve enerji tüketimi, enerji üretiminden çok daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle üretilen enerjinin depolanması üzerine son yıllarda birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda Şahin [2] yapmış olduğu çalışmayla bu durumu ele alan çözümler ile ilgili olarak elektrot malzemelerinin geliştirilmesine odaklanılmış ve yapılan çalışmada h-BN/rGO bazlı kompozitler, lityum pillerin elektrokimyasal performansını ve elektron taşımalarını daha da artarak çevre dostu ve metal içermeyen malzemeler olarak geliştirilmiştir. Bu yönde yapılan çalışmalar enerji sistemlerindeki yetersizliğin sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirliliği problemlerinin aşılması için enerji depolama yöntemlerinin geliştirilerek uygun şekilde kullanılmasını ve enerji tüketiminin daha kontrollü hale gelmesi gerektiğini

* Sorumlu yazar: caksu@firat.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ <https://orcid.org/0000-0001-8638-8453>, ² <https://orcid.org/0009-0004-8005-1007>, ³ <https://orcid.org/0000-0002-4590-907X>, ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-5151-4576>

göstermektedir [3]. Burada belirtmek gerekir ki h-BN/rGO bir anot malzemesidir ve bataryalarda katot malzemeleri genel olarak geçiş metal oksitlerini içerir. Sodyum iyon bataryalar lityum içermediği için ve sodyumun doğaya zararlı olmayan bir yapıda olması bu batarya sistemlerinin çevre dostu olarak değerlendirilmelerini sağlamaktadır.

Enerji depolama teknolojilerini ele aldığımızda genel olarak beş alt başlığa indirgenerek incelenebilir. Buna göre; mekanik enerji, elektrik enerjisi, ısı enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji bu alt başlıkları oluşturmaktadır. Bu alt başlıklar içerisinde enerjinin depolanma yöntemleri sürekli olarak değişimler göstererek gelişmektedir.

Günümüzde artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi de fosil yakıtlar halen en önemli faktörlerden biridir. Buna göre 2021 yılı verilerine göre AB ülkeleri birincil enerji tüketiminin %2,6'sı katı yakıtlardan, %34,8'si petrol ve petrol ürünlerinden, %23'ü doğalgazdan, %22,8 elektrik enerjiden, %11,8'i yenilenebilir enerjiden ve 5,0%'sı diğer kaynaklardan karşılandığı tespit edilmiştir [4].

Ayrıca son yıllarda yapılan araştırmalar ulaşım sektörünün sera gazlarının artmasındaki rolü açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Buna örnek olarak 2021 yılında Kanada'da yapılan çalışmaya göre ulaşım sektörünün sera gazı emisyonunda %24 oranında sorumlu olduğu ortaya çıkarılmıştır [5]. Bu nedenlerden dolayı çeşitli otomotiv üreticileri ve hükümetler araçlardaki sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik çalışmalarda bulunmaktadır [6]. Fosil yakıtların hem bu yönlü sera gazı etkilerinin çevre zararı etkileri hem de tükenen kaynakların bu yakıtlar üzerinde yarattığı birim fiyat artışları ulaşım sektörünü, dolayısıyla otomotiv alanını farklı arayışlara yönlendirmiştir [7]. Bu yönde yapılan önemli istatistiklerden birisi Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yayınladığı veriler ışığında yayınlanmıştır [8].

Sera gazlarının emisyon oranının düşürülmesi, karbon ayak izinin azaltılması ve yeşil enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve yeni batarya sistemlerinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini gösteren çalışmaların sayısı hızla artmaktadır [9-11]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının günlük kullandığımız oranın az olmasının temel sebebi depolama sorunlarıdır. Yapılan çalışmalarda enerji depolama sistemlerinde daha yüksek performanslarda bataryalara ihtiyaç olduğu açıkça ortaya konulmaktadır. Bataryalarda çevrim sayısındaki uzun ömür, kendiliğinden deşarj olma durumunun düşüklüğü, hafifliği, hızlı şarj yetenekleri ve geniş sıcaklık çalışma aralığı gibi yapısal özelliklerin batarya performansını direkt etkilediği görülmektedir [12,15]. Günümüz itibarıyla yapılan çalışmalardan da gözleneceği üzere kimyasal enerji depolama sistemleri için lityum iyon bataryalar pazarda önemli bir aktör durumundadır [16].

Lityum iyon pillerinin (LIB) pazara hakim olmalarına rağmen lityum hammaddesinin Pazar fiyatının yüksek oluşu, lityumun bataryalarda mümkün kazalardaki ortaya çıkardığı zararlar gibi olumsuz durumlar söz konusudur. Yapılan çalışmalarda bataryada şarj ve deşarj esnasındaki lityum iyonlarının ekzotermik reaksiyonlar olan termal kaçakları tetiklediğini ortaya konulmuştur [17,21].

Son yıllarda LIB sistemlerinin performansına ve ekonomik başarısına sahip yeni katot malzemeleri için ucuz, bol miktarda bulunan ve çevreye zarar vermeyen alternatif, ölçeklenebilir bir pil teknolojisi için araştırmalar yapılmaktadır. Burada Li elementine alternatif olarak periyodik cetvelde Lityuma göre bir alt sırada yer alan ve dünyada ve ülkemizde bolluğu dolayısıyla dikkat çeken sodyum elementi hem tedariki hem de işlenmesi nispeten daha ucuz ve çevreci olması ile dikkat çekmektedir [22].

Sodyum iyon batarya (SIB) sistemlerinin, elektrokimyasal çalışma prensipleri incelendiğinde LIB sistemlerine büyük ölçüde benzediği görülür ve hali hazırda Li-iyon bataryalar ile ilgili olarak önemli miktarda bilgi mevcut olduğundan Na-iyon batarya sistemlerinin hızlı bir şekilde geliştirildiği öngörülmektedir. Ayrıca Lityum değerinden yalnızca 330 mV daha yüksek olan Na'nın düşük elektrokimyasal potansiyeli (standart hidrojen elektroduna karşı -2,71 V) göz önüne alındığında, Sodyum bazlı şarj edilebilir piller, büyük ölçekli enerji depolama sistemlerinin taleplerini karşılama konusunda büyük ümit vaad ettiği görülmektedir [23].

Li-iyon bataryalara alternatif olarak görülen Na-iyon bataryalarda özellikle Lityum katot malzemeleri ile sodyum katot malzemelerinin benzerliği Na-iyon bataryaların geliştirilmesini diğer batarya tiplerine göre daha kolay kılmaktadır. Lityum katot malzemeleri kristal yapı açısından da incelendiğinde tabakalı ve tünel tipi olarak iki farklı simetride gruplamak mümkündür. Tabakalı tip kristal yapılar, Li-iyonlarının elektrod malzemesinde şarj deşarj sırasında hareketi için daha iyi performans sergilediği bilinmektedir. LiCoO_2 ve bunların türevleri (NMC tipi elektrotlar) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sodyum iyon bataryalarda da tabakalı yapıdaki elektrot malzemeleri ön plana çıkmaktadır. Özellikle P2-tipi $\text{Na}_{0,67}\text{MnO}_2$ yapısı yüksek kapasite (teorik olarak 155 mAh/g) değeri ile dikkat çekmektedir. Son yıllarda Mn iyonu yerine farklı oranlarda diğer geçiş elementlerinin katılanması hem kapasite değeri hemde kapasite kayıp oranları artırılmıştır. Bilindiği üzere Co içeren katot malzemeleri yüksek stabilite sergilese de üretim maliyetlerinin artışı nedeni ile genel olarak düşük oranlarda katkılama yapılarak fiyat-performans dengesi sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu duruma en güzel örnek ise NMC-811 ($\text{LiMn}_{0,8}\text{Mn}_{0,1}\text{Co}_{0,1}\text{O}_2$) katot malzemesi verilebilir.

Bu çalışmada $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ katot malzemesi farklı oranlarda Co eklenmesi ile katihal reaksiyon yöntemine göre üretimleri, yapısal özelliklerinin incelenmesi ve elektrokimyasal özelliklerinin araştırılması üzerine hazırlanmıştır. Katihal reaksiyon yöntemi başlangıç katı tozların agad havanda belirli bir süre karıştırılarak tablet haline getirilmesi ve yüksek sıcaklık ısıtma işlemi içerisinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada Co miktarının optimum bir değerinde daha iyi performans sergilediği belirlenmiştir.

2. 2. Materyal ve Deneysel Yöntemler

Yapılan çalışma kapsamında katot malzemesi olarak $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ ana yapısı içerisinde sistematik olarak $x = 0,1, 0,2, 0,3, 0,4$ ve $0,5$ Co katkı işlemleri yapılmıştır. Başlangıç tozları olarak Na_2O_2 , MnO_2 , Co_3O_4 , Fe_2O_3 ve TiO_2 bileşikleri her bir kompozisyon 2 gram olacak şekilde stokiometrik hesabı yapılmış ve ilk olarak agad havdanda 30 dakika kadar karıştırılmıştır. Daha sonra ise 1,5 cm çapında 1 ton basınç altında tablet formuna getirilmiştir. Katihal reaksiyon yöntemine göre hazırlanan tabletler $900^\circ C$ sıcaklıkta 4 saat ısıtma işlemine tabi tutularak daha sonra sıvı azot içerisinde kuenç işlemine tabi tutulmuştur.

Üretilen örneklerin X-ışını analizleri İnönü Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma Merkezi'nde (İBTAM) bulunan Rigaku RadB-DMAX II bilgisayar kontrollü X-ışını difraktometresi ile $CuK\alpha$ radyasyonu ($\lambda=1,5405 \text{ \AA}$) kullanılarak yapılmıştır.

İnönü Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma Merkezi'nde Perkin Elmer ölçümleri Spectrum One model FTIR aparatı ile $400-2000 \text{ cm}^{-1}$ seri olarak üretilmiştir. Üretilen örneklerin yüzey görüntüleri LEO marka, EVO 40 XVP modeli ile yüzey analizleri yapılmıştır. Daha sonra bu katot malzemeleri buton tipi batarya haline getirilerek elektrokimyasal testleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda EİS, CV, kapasite ölçümleri ve C-hızı ölçümleri yapılmıştır. EIS analizlerinde 1 mHz ile 200 kHz aralığında ve 10mV ac genlik kullanılarak ölçümler alınmıştır.

3. Analiz Sonuçları

3.1. Yapısal Analiz Sonuçları

Üretilen örneklerin XRD analizleri $CuK\alpha$ radyasyonu kullanılarak $3^\circ - 80^\circ$ arasında alınmıştır. Her bir seri malzeme ye ait XRD desenleri safsızlık fazlarına göre gruplandırılmış ve ilk olarak faz analizleri gerçekleştirilmiştir.

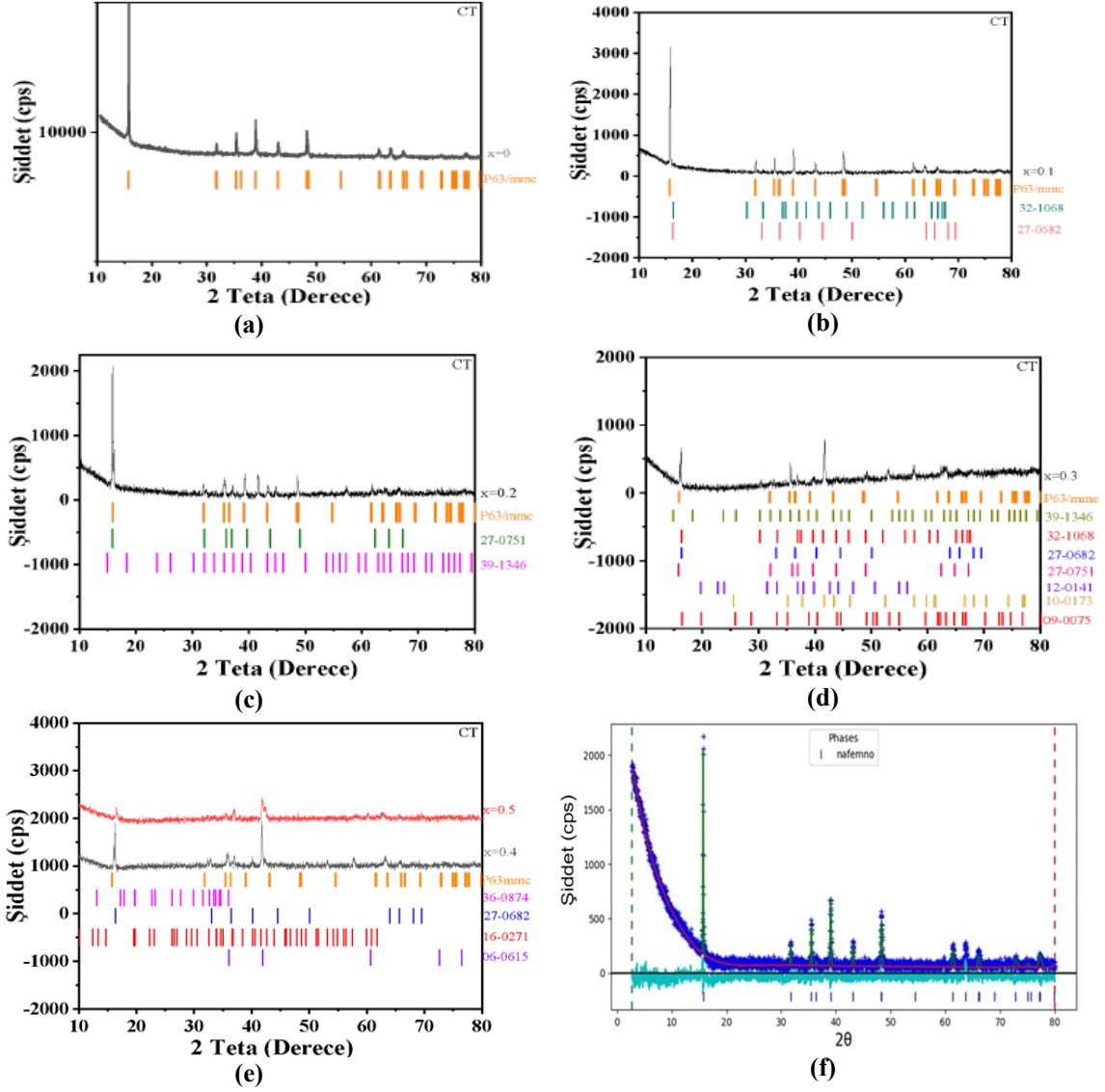
$Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ ($x = 0 - 0,5$) örneklerinin XRD analiz sonuçları Şekil 1e'de verilmektedir. İlk olarak Co katkısız örneğe ait XRD kırınım deseni incelendiğinde kristal simetrisini $P63/mmc$ yapısında olduğu ve herhangi bir safsızlık fazına ait pik olmadığı görülmüştür. Katkılama miktarı artırıldığında yapı içerisinde farklı safsızlık fazlarının varlığı tespit edilmiştir ve bu safsızlık fazları şekil üzerinde belirtilmiştir. $x = 0,1$ örneğine ait XRD grafiği incelendiğinde $P63/mmc$ ana yapısı ile $Na_{0,75}CoO_2$ (PDF321068), $NaCo_2O_4$ (PDF270682) fazlarına ait pikler ve $x = 0,2$ kodlu örnekte ise $Na_{0,7}MnO_{2,05}$ (PDF270751) ve Fe_2O_3 (PDF391346) fazlarına ait pikler gözlenmiştir. $x = 0,3$ katkılı örnekler incelendiğinde ise ana faz olan $P63/mmc$ yapısının yanında $NaCoO_2$ (PDF270882), $Na_{0,75}CoO_2$ (PDF321068), Fe_2O_3 (PDF391346), $Na_{0,7}MnO_{2,05}$ (PDF270751), MnO_2 (PDF120141), Al_2O_3 (PDF100173) ve Na_2O_2 (PDF090075) minör fazları tespit edilmiştir. Benzer şekilde $x = 0,4$ ve $x = 0,5$ kodlu örneklerde (Şekil 1.e) ise Na_5FeO_4 (PDF360874), $NaCo_2O_4$ (PDF270682), $Na_{10}Fe_{16}O_{29}$ (PDF160271) ve FeO (PDF060615) fazlarının varlığı tespit edilmiştir.

Üretilen örneklerde safsızlık fazları fazla olduğu için yapı analiz sadece katkısız örneğe GSAS-II programı kullanılarak yapılmıştır ve Şekil 1.f'de Rietvelt-Refinement işlemi sonucu elde edilen sonuç sunulmuştur. Bu analiz sonucunda yapı parametreleri ise Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuç literatür ile uyum içerisindedir.

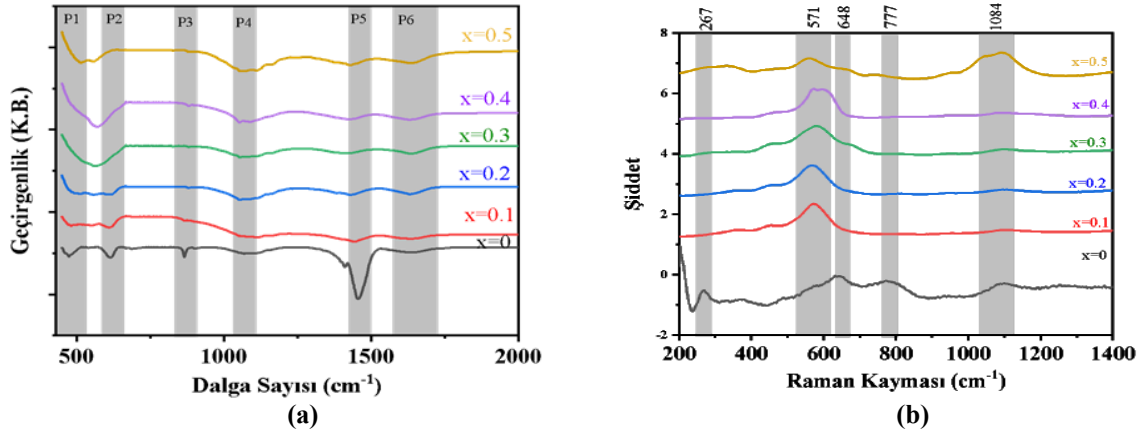
Tablo 1. Üretilen Co katkılı örneklerin GSAS-II programı ile elde edilen örgü parametreleri.

	a (Å)	b (Å)	V (Å) ³	wR
TTi-00	2,923830 (±0,000455)	11,236217 (±0,002181)	83,187 (±0,027)	16,47

İncelemiş olduğumuz $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ kompozisyonlarının FTIR analizleri katkılama oranlarına bağlı olarak Şekil 2.a'da verilmiştir. Toplam 6 farklı FTIR bant oluşumu gözlenmiştir ve bunlara karşılık gelen titreşim modları Tablo 2'de verilmiştir. Co katkılması ile FTIR spektrumunda Co-O titreşimine ait değişimler gözlenmiştir. Bu durum XRD analizinde belirlenen fazları desteklemektedir.



Şekil 1. $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ $x=$ (a) 0,0, (b) 0,1, (c) 0,2, (d) 0,3, (e) 0,4 ve 0,5 örneklerin XRD analizi ve (f) $x=0,0$ örneğe ait Rietvelt-refinement analiz sonucu.



Şekil 2. $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ ($x = 0$ ve $x = 0,1 - 0,5$) örneklerin (a) FTIR ve (b) Raman analiz sonuçları.

Burada ele alınan kompozisyonlara ait FTIR bantlarını ve titreşim modlarını Tablo 2 içerisinde inceleyebiliriz.

Tablo 2. FTIR bantları ve bunlara karşılık gelen titreşim modları.

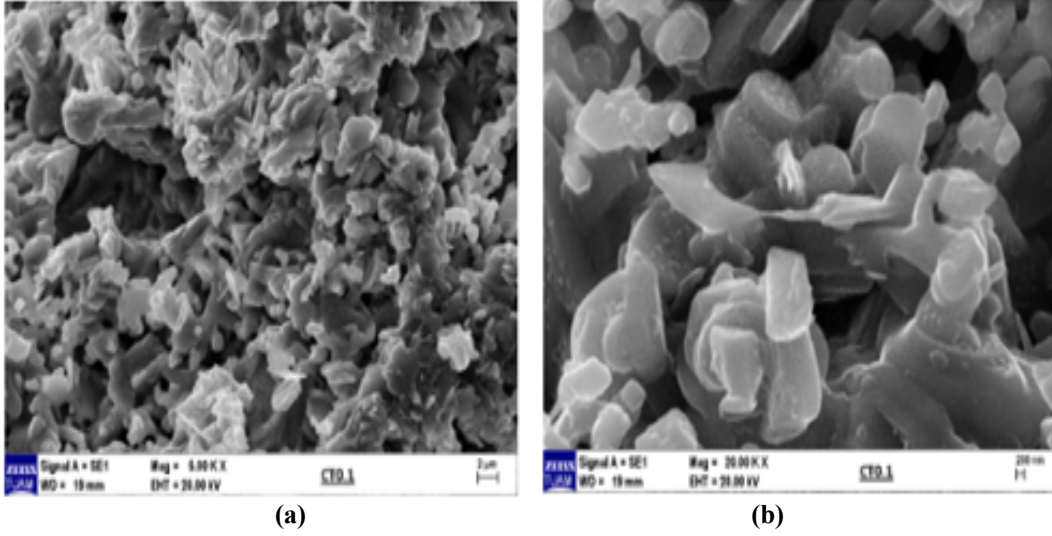
Sembol	Dalgasayısı (cm^{-1})	Band
P1	483	Fe-O
P2	615	Mn-o, Mn-O-Mn, Co=O
P3	868	Na-O
P4	1106	M(Co, Mn, Fe)-O-(Co, Mn, Fe)
P5	1458	Fe-O
P6	1645	Co-O

Numunelerin Raman analiz sonuçları Şekil 2.b'de verilmiştir. Co katkılı üretilen örneklerde 5 farklı Raman moduna ek olarak katkı miktarı artması ile birlikte yeni Raman modları oluşmamıştır. Tablo 3 içerisinde bu modlar ve açıklamaları sunulmuştur. Raman analiz sonuçları incelendiğinde elde edilen modların XRD ölçümlerinde elde edilen fazlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Tablo 3. $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ ($x = 0$ ve $x = 0,1 - 0,5$) örnekleri için RAMAN modları.

örnek	Dalga sayısı	yapı	Referans
$Na_{0,67}Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07}O_2$	267	TiO	24
	571	Na-O, CoO	2,25
	648	TiO ₂	26
	777	MnO	27
	1084	Na ₂ CO ₃	24

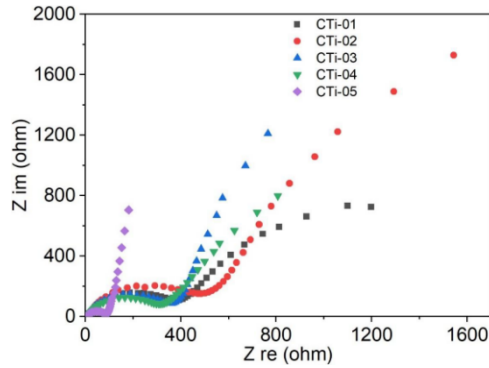
Üretilen örneklerin SEM analiz sonuçları incelenmiş ve örnek olarak $x=0,1$ katkılı numunenin yüzey fotoğrafı şekil 3'de sunulmuştur. Yapılan katkılama ile örneklerin tane oluşum formlarında genel olarak bir değişiklik olmadığı gözlenmiş ve Co katkılı örneklerde tane boyutunun 1 μm civarında olduğu açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3. $Na_{0,67}Mn_{0,4}Co_{0,1}Fe_{0,43}Ti_{0,07}O_2$ örneğinin (a) 5kX ve (b) 20kXX büyütmedeki SEM görüntüleri.

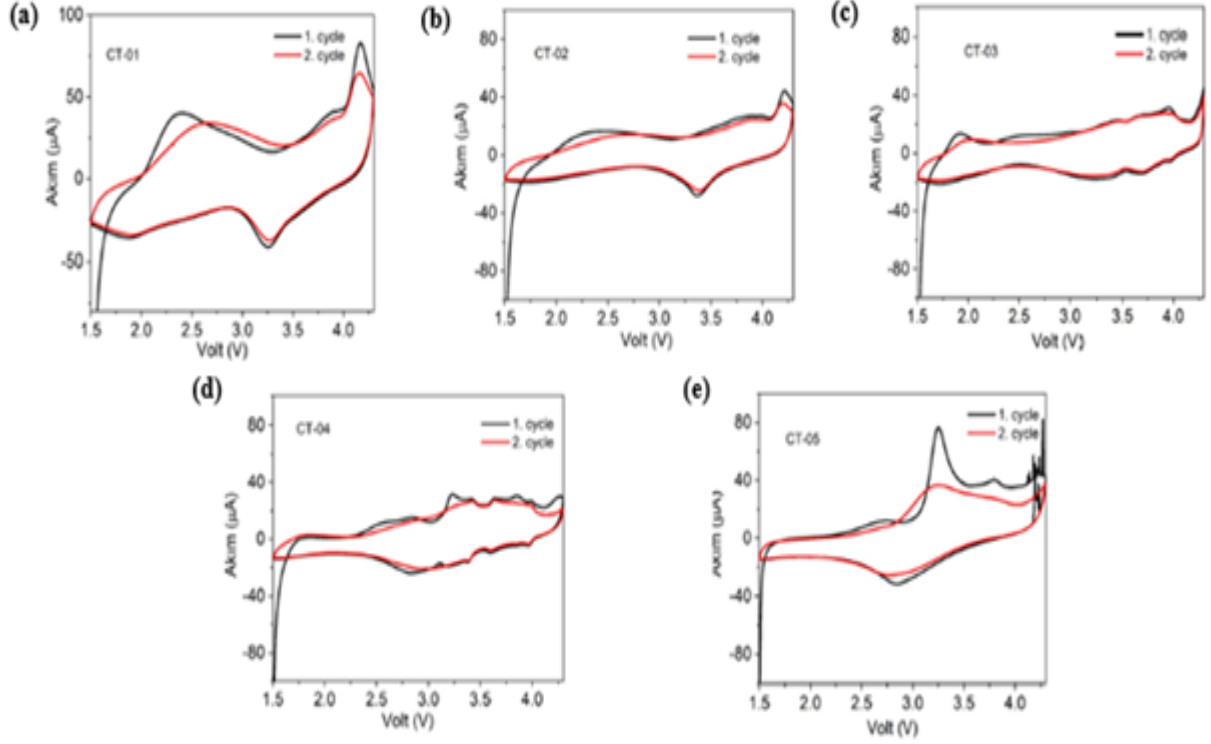
3.2. Batarya Test Sonuçları

Üretilen $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ ($x = 0$ ve $x = 0,1 - 0,5$) tozlar katot elektrot üretiminde kullanılarak buton tipi batarya hücreleri üretilmiştir. Bu pillere ait EIS analiz sonuçları Şekil 4’de sunulmuştur. EIS analiz grafikleri incelendiğinde iki farklı yapının olduğu görülmektedir ve bunlar yarım daire ve lineer kısım olarak iki ayrı formda incelenebilir. Yarım daire kısmı batarya hücresinde yük transferi ile ilgili iken lineer kısım ise difüzyon hızını belirlemede kullanılmaktadır. Yük transfer direnci yarım dairenin çapının artması ile artar ve daha düşük yük transferi anlamına gelmektedir. Yapılan çalışmada özellikle yarım daire kısmında katkılama ile yarı çapın azaldığı açıkça görülmektedir. Bu durum yük transferinin artması anlamına gelmektedir.



Şekil 4. $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ ($x = 0$ ve $x = 0,1 - 0,5$) örneklerin EIS analiz sonuçları.

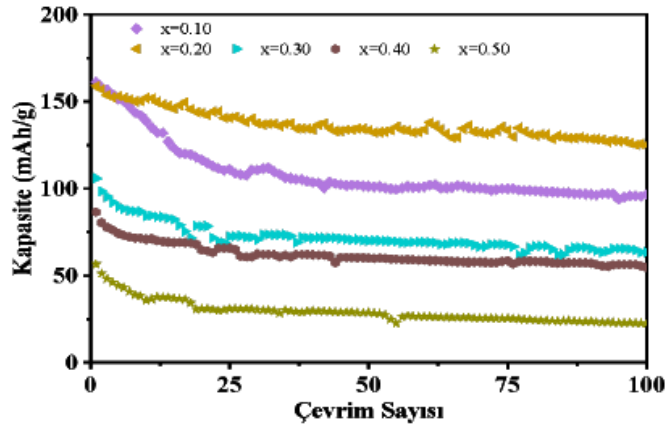
Üretilen batarya hücrelerinin CV analizleri 1,5-4,3 V aralığında 0,1 mVs’de ölçülmüştür. $x=0,1, 0,2, 0,3, 0,4$ ve $0,5$ Co katkılı örneklerin CV grafiği Şekil 5.a-e’de verilmiştir ve iki anodik iki katodik redoks piki gözlenmiştir. Co katkılanması ile birlikte pik şiddetlerinin azaldığı ve yapısının değiştiği görülmektedir. Bu durum oluşan ikincil fazlar ve kristal yapıdaki geçiş metalinin değerliği ve kristal alanının değişmesi ile ilgili olduğu sonucu çıkarılmıştır.



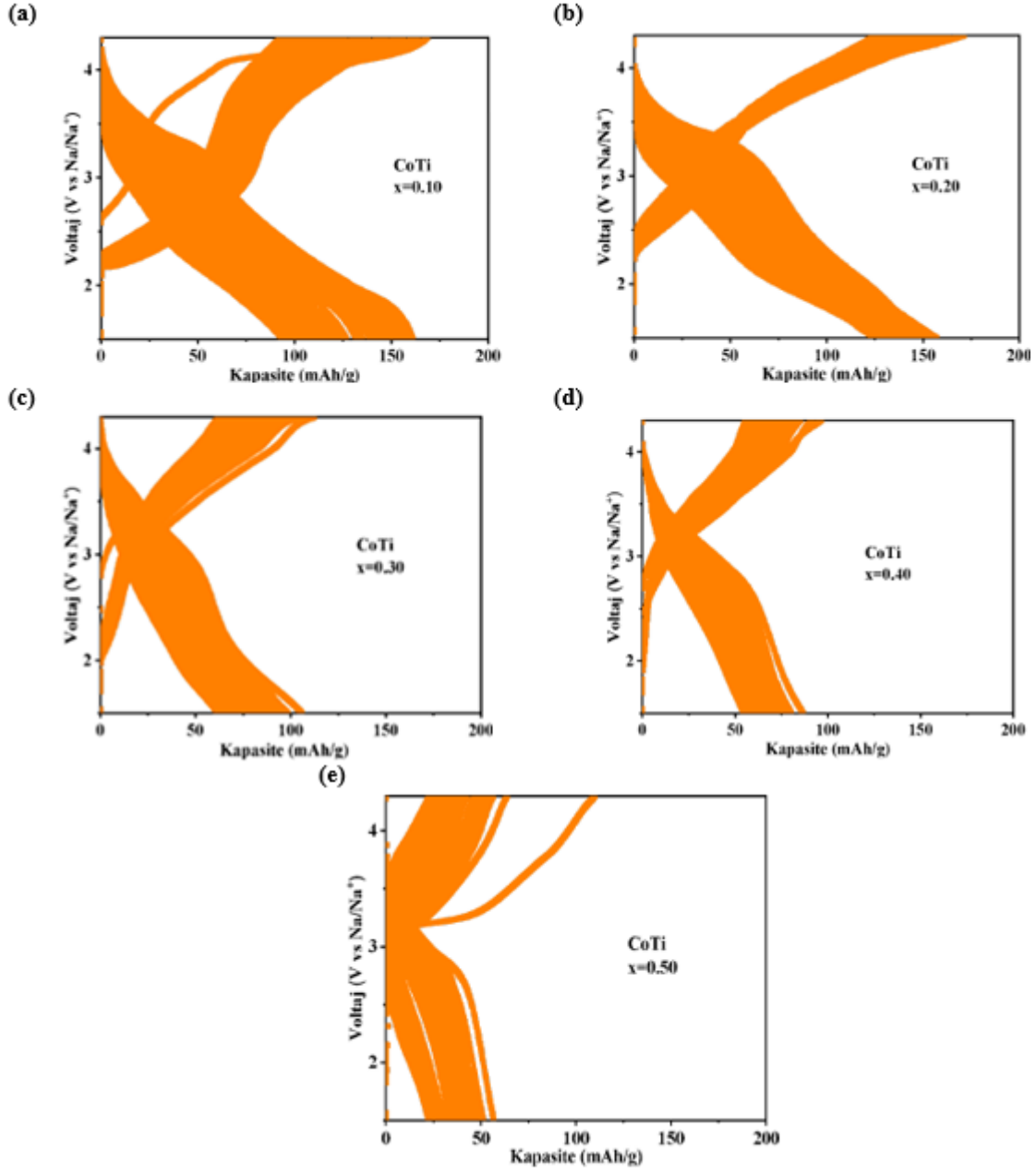
Şekil 5. $x=(a) 0,1, (b) 0,2, (c) 0,3, (d) 0,4$ ve $(e) 0,5$ Co katkıli katotlar kullanılarak üretilen batarya hücrelerinin 1,5-4,3 V aralığında CV grafikleri.

Co katkıli üretilen toz malzemeler kullanılarak üretilen CR2032 pil hücrelerinin sabit akım yoğunluğunda çevrim performans ölçümleri 100 kez tekrarlanarak elde edilmiştir. Ölçümler için $C/3$ oranı ($1C = 121 \text{ mAh/g}$) tercih edilmiştir ve voltaj aralığı 1,5 – 4,3 V olarak belirlenmiştir. Şekil 6a-e’de $x = 0,1 - 0,5$ katkıli örnekler kullanılarak üretilen pil hücrelerinin voltaj-kapasite grafikleri verilmiştir. Elde edilen batarya performans sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. İlk kapasite değerleri incelendiğinde $x = 0,1$ katkıli yapının en yüksek performansa sahip olduğu ve katkılama ile birlikte kapasitenin azaldığı gözlenmektedir.

Yüz çevrim için kapasite değişim grafiği Şekil 7 ile verilmektedir ve ayrıca son durumdaki kapasite kaybı oranı Tablo 4’de sunulmaktadır. Bu değerler kullanılarak elde edilen verilerde en yüksek kapasite tutma oranı ise $x = 0,2$ katkıli örneğe ait olduğu görülmektedir.



Şekil 7. $Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ $x = 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5$ örneklerinin 100 çevrimlik kapasite grafikleri.



Şekil 6. x=(a) 0,1, (b) 0,2, (c) 0,3, (d) 0,4 ve (e) 0,5 Co katkılı katotlar kullanılarak üretilen batarya hücrelerinin C/3 hızında 100 çevrimlik şarj-deşarj grafiği

Tablo 4. $\text{Na}_{0,67}(\text{Mn}_{0,5-x}\text{Co}_x\text{Fe}_{0,43}\text{Ti}_{0,07})\text{O}_2$ örneklerinin ilk kapasite ve kapasite kaybı oranları.

sample	C_1 (mAh/g)	Kapasite Kaybı $((C_1-C_{100})/C_1)$	Ref.
0,1	161,3	40,1	
0,2	155,0	16,7	
0,3	105,9	40,0	
0,4	86,7	36,9	
0,5	56,7	60,2	
$\text{Na}_{0,85}\text{Cu}_{0,1}\text{Fe}_{0,2}\text{Mn}_{0,7}\text{O}_2$	98	68	28
$\text{Na}_{0,67}\text{Ni}_{0,33}\text{Mn}_{0,67}\text{O}_2$	144	25,2	29
$\text{Na}_{0,67}\text{Ni}_{0,18}\text{Mg}_{0,15}\text{Mn}_{0,67}\text{O}_2$	123	77,2	30

Literatürde benzer çalışmalar ile ilgili örnekler Tablo 4’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde $x=0,2$ katkılı örneğe ait yapının Na-iyon batarya sistemlerinde iyi bir sonuç olduğu değerlendirilmiştir.

4. Sonuç

$Na_{0,67}(Mn_{0,5-x}Co_xFe_{0,43}Ti_{0,07})O_2$ kompozisyonuna ait $x = 0,1, 0,2, 0,3, 0,4$ ve $0,5$ fazları katı hal yöntemi ile üretilmiştir. Üretilen örneklerin yapısal analizleri incelendiğinde Co katkılanması ile safsızlık fazlarının oluşmaya başladığı görülmüştür. Bu durum aynı zamanda FTIR analizleri de desteklenmiştir. Üretilen örneklerin RAMAN analizleri ile de oluşan yapının P63/mmc simetrisine uygun şekilde raman bantları gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar SEM analizleri ile de desteklenmiştir. Özellikle tane boyutlarının ~ 1 μm değerini olması ve katmanlı tane oluşumunun gözlenmesi beklenen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Üretilen tozların elektrokimyasal analizleri CR2032 tipi batarya hücreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen pil hücrelerinin frekansa bağlı empedans ölçümleri ile yük transfer direnci değişimleri incelenmiştir. EIS analizinde yarım dairenin çapının azalması yük taşıma direncinin azaldığını göstermektedir. Co katkılanması ile redoks reaksiyon mekanizmalarının değiştiği ve pik akımlarının azaldığı açık bir şekilde gözlenmiştir. Bu durum galvanostatik çevrim performans ölçümleri ile desteklenmektedir. En yüksek batarya performansı $x = 0,1$ katkılı örnekte gözlemlenilerek en iyi kapasite tutma özelliği ise $x=0,2$ katkılı örnek kullanılarak elde edilen hücrelerde elde edilmiştir. Literatürde P2 tipi elektrot malzemelerinde benzer kompozisyonlar incelendiğinde ilk kapasite değerleri incelendiğinde $Na_{0,67}Ni_{0,33}Mn_{0,67}O_2$ kompozisyonu için kapasite değeri 144 mAh/g olarak ve $Na_{0,67}Mn_{0,44}V_{0,06}Fe_{0,43}Ti_{0,07}O_2$ kompozisyonu için ise 144,2 mAh/g olarak elde edilmiştir [31,32]. Bu durum yapılan çalışmada özellikle $x=0,1$ ve $x=0,2$ katkılı örneklerde elde edilen sonuçların bu çalışmalara göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TUBITAK-220N335 nolu ve İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri koordinasyon birimi tarafından FYL-2022-3106 nolu projeler kapsamında gerçekleştirilmiştir. S.A fikir sahibi, Ö.F.T deneyleri gerçekleştirdi S.A., M. B. ve C.A.C sonuçları yorumladı ve yazdı.

Kaynaklar

- [1] Aldhafeeri T, Tran MK, Vrolyk R, Pope M, Fowler M. A Review of Methane Gas Detection Sensors: Recent Developments and Future Perspectives. *Inventions* 2020; 5, 28.
- [2] Şahin A. Lityum kükürt pillerde h-bn/rgo/s katot uygulamaları=H-bn/rgo/s cathode applications in lithium sulfur batteries, MSc thesis, Sakarya University, 2022.
- [3] Mert MS, Merve S, and Mert HH. Isıl Enerji Depolama Sistemleri İçin Organik Faz Değiştiren Maddelerin Mevcut Durumu Üzerine Bir İnceleme. *Mühendis bilim tasar derg* 2018; 6(1): p. 161-174.
- [4] <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/yakita-gore-birincil-enerji-tuketimi-i-85801>
- [5] Shamsi H, Tran MK, Akbarpour S, Maroufmashat A, & Fowler M. Fowler, M. Macro-Level Optimization of Hydrogen Infrastructure and Supply Chain for Zero-emission Vehicles on a Canadian Corridor. *J Clean Prod* 2020; 125163.
- [6] Taefi TT, Kreutzfeldt J, Held T, Fink A. Supporting the adoption of electric vehicles in urban road freight transport—A multi-criteria analysis of policy measures in Germany. *Transp Res Part A Policy Pract* 2016; 91, 61–79.
- [7] Fathabadi H. Utilization of electric vehicles and renewable energy sources used as distributed generators for improving characteristics of electric power distribution systems. *Energy* 2015; 90, 1100–1110.
- [8] <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/yakita-gore-birincil-enerji-tuketimi-i-85801>
- [9] Ellabban O, Abu-Rub H, & Blaabjerg F. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renew Sustain Energy Rev* 2014; 39, 748-764.
- [10] Koç E, Kaya K. Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu. *Mühendis ve Makine* 2015; cilt 56, sayı 668, s. 36-47
- [11] Bağcı E. Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyeli, üretimi, tüketimi ve cari işlemler dengesi ilişkisi. *R&S-Res Stud Anatolia* 2019; 2.4: 101-117.
- [12] Tran MK, Sherman S, Samadani E, Vrolyk R, Wong D, Lowery M, & Fowler M. Environmental and economic benefits of a battery electric vehicle powertrain with a zinc–air range extender in the transition to electric vehicles. *Vehicles* 2020; 2(3), 398-412.
- [13] Tran MK, Bhatti A, Vrolyk R, Wong D, Panchal S, Fowler M, & Fraser R. A Review of Range Extenders in Battery Electric Vehicles: Current Progress and Future Perspectives. *World Electr Veh J* 2021; 12(2), 54.

- [14] Tran M K, Akinsanya M, Panchal S, Fraser R, & Fowler M. Design of a hybrid electric vehicle powertrain for performance optimization considering various powertrain components and configurations. *Vehicles* 2020; 3(1), 20-32.
- [15] Cunanan C, Tran MK, Lee Y, Kwok S, Leung V, Fowler M. A Review of Heavy-Duty Vehicle Powertrain Technologies: Diesel Engine Vehicles, Battery Electric Vehicles, and Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles. *Clean Technol* 2021; 3, 28.
- [16] Khan N, Dilshad S, Khalid R, Kalair AR, Abas N. Review of energy storage and transportation of energy. *Energy Storage* 2019; 1 (3): p. e49.
- [17] Sun P, Bisschop R, Niu H, Huang X. *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles*; Springer: New York, NY, USA, 2020.
- [18] Pfrang A, Kriston A, Ruiz V, Lebedeva N, di Persio F. *Safety of Rechargeable Energy Storage Systems with a Focus on Li-Ion Technology*; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, 2017.
- [19] Spotnitz R, Franklin J. Abuse behavior of high-power, lithium-ion cells. *J Power Sources* 2003; 113, 81–100.
- [20] Bandhauer TM, Garimella S, Fuller TF. A Critical Review of Thermal Issues in Lithium-Ion Batteries. *J Electrochem Soc* 2011; 158, R1–R25.
- [21] Wang Q, Sun J, Yao X, Chen C. Thermal Behavior of Lithiated Graphite with Electrolyte in Lithium-Ion Batteries. *J Electrochem Soc* 2006; 153, A329.
- [22] Forte F, Pietrantonio M, Pucciarmati S, Puzone M, Fontana D. Lithium Iron Phosphate Batteries Recycling: An Assessment of Current Status. *Crit Rev Environ Sci Technol* 2020; 1–28.
- [23] Dogan E, Altundag S, Altin S, Arshad M, Balci E, & Altin E. Production of V-Doped P2-type Na_{0.67}Mn_{0.5}Fe_{0.43}Al_{0.07}O₂ Cathodes and Investigation of Na-Ion Full Cells Performance. *Energy Tech* 2024; 12(1), 2300837.
- [24] Demirel Y. *Production, Conversion, Storage, Conservation, and Coupling*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [25] Alva G, Lin Y, & Fang G. An overview of thermal energy storage systems. *Energy* 2018; 144, 341-378.
- [26] Ibrahim H, Ilinca A, & Perron J. Energy storage systems-Characteristics and comparisons. *Renew Sust Energ Rev* 2008; 12(5), 1221-1250.
- [27] Liming H, Haque E, & Barg S. Public policy discourse, planning and measures toward sustainable energy strategies in Canada. *Renew Sust Energ Rev* 2008; 12(1), 91-115.
- [28] Liu Y, Wang D, Li P, Liu Y, Sun Y, Liu Y, & Guo X. The Relationship between Initial Coulombic Efficiency and Transition Metal Ion Redox in P2-Na_{0.85}[Cu_{0.1}Fe_xMn_{1-x}]O₂ Cathodes. *Ind Eng Chem Res* 2022; 61(31), 11494-11503.
- [29] Feng J, Luo S-h, Wang J, Li P, Yan S, Li J, Hou P-q, Wang Q, Zhang Y, Liu X. Stable electrochemical properties of magnesium-doped co-free layered P2-Type Na_{0.67}Ni_{0.33}Mn_{0.67}O₂ cathode material for sodium ion batteries. *ACS Sustain Chem Eng*, 2022; 10(15), 4994-5004.
- [30] Senthilkumar M, Satyavani TVSL, Jagadish K, Sahoo PK, & Kumar AS. Fabrication and testing of sodium-ion full cell with P2-Na_{0.67}Ni_{0.167}Co_{0.167}Mn_{0.67}O₂ (Na-NCM) and hard carbon in coin cell and 2 Ah prismatic cell configuration. *Int J Hydrogen Energy* 2022; 47(3), 1790-1803.
- [31] Dogan E, Altundag S, Altin E, Oz E, Altin S. P2-type Na_{0.67}Mn_{0.5-x}V_xFe_{0.43}Ti_{0.07}O₂ powders for Na-ion cathodes: Ex-situ structural analysis and full-cell study. *Electrochim Acta* 2024; 473, 143470.
- [32] Feng J, Luo S-H, Wang J, Li P, Yan S, Li J, Hou P-Q, Wang Q, Zhang Y, Liu X. Stable Electrochemical Properties of Magnesium-Doped Co-Free Layered P2-Type Na_{0.67}Ni_{0.33}Mn_{0.67}O₂ Cathode Material for Sodium Ion Batteries. *ACS Sustain Chem Eng* 2022; 10(15), 4994–5004.

IoT Sistemleri ve Makine Öğrenmesi Teknikleri Kullanılarak Boğulma ve Yangın Risklerinin Tahmini

Leonel FOKOUONG NOBOSSE¹, Zuhale CAN^{2*}

¹ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

² Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

¹leonelfokouong@gmail.com, ²zcan@ogu.edu.tr

(Geliş/Received: 26/10/2024;

Kabul/Accepted: 26/02/2025)

Öz: Bu çalışmada, makine öğrenmesi (ML) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerini kullanarak boğulma ve yangın risklerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Boğulma ve yangın olayları, ciddi, can ve mal kayıplarına yol açan tehlikelerdir. Geleneksel yöntemler bu risklerin tahmin edilmesinde yetersiz kalabilirken, ML modelleri kullanarak ve IoT tabanlı sensör verileriyle elde edilen büyük veri kümelerinin analiziyle yüksek doğrulukta tahminler sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, IoT sensörlerinden elde edilen veriler üzerinde ML yöntemlerinin karşılaştırmalı bir incelemesi yapılmıştır. Boğulma riskini tahmin etmek için karbon monoksit (CO), duman ve sıvı petrol gazı (LPG) arasındaki korelasyon, yangın riskini tahmin etmek için ise nem, sıcaklık ve duman arasındaki korelasyon kullanılmıştır. Veriler, ön işleme adımları tamamlandıktan sonra, doğrusal regresyon, karar ağaçları ve rastgele orman algoritmalarıyla geliştirilen modellerle eğitilmiştir. Deneysel sonuçlar, karar ağacının %99,99 doğrulukla diğer algoritmaları geride bıraktığını göstermektedir. Geliştirilen modelin yüksek doğruluk oranı ile çalıştığı ve risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynayabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Nesnelerin İnterneti, Çevresel Sensörler, Makine Öğrenmesi, Karar Ağaçları, Risk Tahmini.

Predicting Suffocation and Fire Risks Using IoT Systems and Machine Learning Techniques

Abstract: This study aims to predict suffocation and fire risks using machine learning (ML) and Internet of Things (IoT) technologies. Suffocation and fire incidents are serious dangers that lead to loss of life and property. While traditional methods may be insufficient in predicting these risks, high-accuracy predictions can be achieved by using ML models and analyzing large data sets obtained with IoT-based sensor data. In this study, a comparative study of ML methods was conducted on data obtained from IoT sensors. The correlation between carbon monoxide (CO), smoke, and liquid petroleum gas (LPG) was used to predict the risk of suffocation, and the correlation between humidity, temperature, and smoke was used to predict the risk of fire. After the pre-processing steps were completed, the data were trained with models developed with linear regression, decision trees, and random forest algorithms. Experimental results show that the decision tree outperformed other algorithms by 99.99%. It was determined that the developed model worked with high accuracy rates and could play an important role in the development of risk management strategies.

Key words: Internet of Things, Environmental Sensors, Machine Learning, Decision Trees, Risk Prediction.

1. Giriş

Boğulma ve yangın olayları, dünya genelinde önemli sağlık ve güvenlik sorunları arasında yer almakta olup, her yıl milyonlarca insanın hayatını kaybetmesine veya ciddi yaralanmalarına yol açmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, bu tür olaylar hem can kaybına hem de ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, makine öğrenmesi (ML) tekniklerini kullanarak boğulma ve yangın risklerinin tahmin edilmesidir.

Geleneksel yöntemler, boğulma ve yangın risklerini tahmin etmede sınırlı kalabilir. Bu noktada, Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri ve ML modelleri, büyük veri kümelerinden elde edilen bilgileri işleyerek daha doğru tahminler yapabilme potansiyeline sahiptir. IoT cihazları ve sensörler, gerçek zamanlı veri toplayarak olayların dinamiklerini anlama ve tahmin etme konusunda önemli bir kaynak oluşturur. Bu çalışma, boğulma ve yangın olaylarına dair verilerin çeşitli IoT sensörleri aracılığıyla toplanması ve bu verilerin ML algoritmaları kullanılarak analiz edilmesi üzerine odaklanmaktadır.

Bu çalışmada, boğulma ve yangın olaylarına ilişkin verilerin analizi için Çevresel Sensör Verileri (Kaggle, 2024) kullanılmıştır. Bu veri setinden sıcaklık, nem, karbon monoksit (CO), sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve

* Sorumlu yazar: zcan@ogu.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0009-0001-5709-842X, ² 0000-0002-6801-1334

duman, verileri seçilmiş ve doğrusal Regresyon, karar ağacı ve rastgele orman gibi ML algoritmaları kullanılarak analizi yapılmıştır. Yöntemlerin performansı doğruluk, ortalama karesel hata, R kare değeri, ortalama mutlak hata ve Karekök Ortalama Kare Hatası ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı, boğulma ve yangın risklerinin tahmin edilmesinde ML ve IoT teknolojilerinin etkinliğini ortaya koyarak, bu alanda daha güvenilir ve hızlı tahmin modelleri geliştirilmesine katkı sağlamaktır. Sonuçlar, acil durum müdahale planlarının oluşturulmasında ve risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli rol oynayabilir. Geliştirilen modelin yüksek doğruluk oranları ile çalıştığı ve gerçek zamanlı veri analizine dayalı tahminler yaparak boğulma ve yangın gibi olayların etkilerini minimize edebileceği belirlenmiştir.

Bu çalışma, boğulma ve yangın risklerini tahmin etmek için makine öğrenmesi tekniklerini kullanan bir araştırma sunmaktadır. 2. bölümde, IoT ve makine öğrenmesi çevresel izleme, akıllı şehirler, sağlık, tarım, güvenlik gibi çeşitli uygulama alanları ile ele alınmıştır. 3. bölümde, sıcaklık, nem, CO, LPG ve duman gibi sensör verilerinin toplanması ve bu verilerin doğrusal regresyon, karar ağaçları ve rastgele orman algoritmaları kullanılarak analiz edilmesi anlatılmaktadır. 4. Bölümde, yapılan analizlerin sonuçları sunulmuş ve karar ağaçları algoritmasının en yüksek doğruluğu sağladığı belirtilmiştir. Sonuç bölümünde ise, geliştirilen modellerin erken tespit ve hızlı müdahale ile boğulma ve yangın olaylarının etkilerini minimize edebileceği vurgulanmıştır.

2. Literatür Özeti

IoT'un boğulma ve yangın risklerinin tahmini alanında olduğu gibi çevresel izleme ve yönetimi, akıllı şehirler ve enerji yönetimi, sağlık ve tıp uygulamaları, tarım ve sürdürülebilirlik, güvenlik ve iletişim ve güven yönetimi, ve bir çok çeşitli alanda uygulama potansiyeli vardır. Bu bölümde açıklanan çalışmalar, farklı teknolojinin sunduğu avantajları ortaya koyarak, IoT'nin disiplinlerarası bir vizyona sahip olduğunu göstermektedir.

Çevresel izleme ve yönetim alanında IoT üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Shaikha ve arkadaşları ile AlZubi, IoT'nin su kaynaklarının izlenmesi ve su kirliliği tedavisindeki potansiyelini vurgularken [1][2], Kagainkar ve arkadaşları, IoT'nin hava kalitesi yönetiminde nasıl kullanılabileceğini ele almıştır [3]. Vo ve arkadaşları, IoT teknolojilerinin deniz ortamındaki uygulamalarını ve bu teknolojilerin çevresel izleme ve yönetim alanındaki faydalarını incelerken [4], Popescu ve arkadaşları, çevresel kirliliğin izlenmesi ve yönetiminde yapay zeka ve IoT teknolojilerinin entegrasyonunu ele almıştır [5].

Akıllı şehirler ve enerji yönetimi altında IoT üzerine farklı alanlarda çalışmalar bulunmaktadır. Khalil ve arkadaşları, IoT'de kaynak keşfi tekniklerinin çeşitliliğini ve avantajlarını incelerken [6], Al-Obaidi ve arkadaşları, IoT'nin enerji verimli binalar ve şehirler için kullanımını araştırmıştır [7]. Musa ve arkadaşları, akıllı IoT sistemleri için açık radyo erişim ağlarının mevcut durumu ve gelecekteki yönelimlerini ele almıştır [8]. Li ve arkadaşları ise, veri merkezli IoT uygulamaları için bulut platformlarına yönelik dinamik bir yaklaşım önermektedir [9].

Sağlık ve tıp uygulamaları alanında IoT çalışmaları çok çeşitlidir. Xiang ve arkadaşları, IoT sağlık sistemlerinde RFID sensörlerinin kullanımını incelemiştir [10], Abdulmalek ve arkadaşları, IoT tabanlı sağlık izleme sistemlerinin yaşam kalitesini artırmadaki rolünü araştırmıştır [11]. Al-rawashdeh ve arkadaşları, akıllı sağlık hizmetleri için IoT'nin benimsenmesi ve uygulamalarını gözden geçirmiştir [12], Hintaw ve arkadaşları, MQTT protokolünün IoT ortamlarındaki güvenlik açıklarını ve bu açıkların nasıl giderilebileceğini tartışmıştır [13].

Tarım ve sürdürülebilirlik alanında IoT üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Kumar ve Karthikeyan, tarım sektöründe çevresel koşulların izlenmesi için IoT uygulamalarını incelemiştir [14], Riskiawan ve arkadaşları, yapay zeka destekli IoT sera izleme ve kontrol sistemlerini ele almıştır [15]. Prabu ve arkadaşları, k-NN-SVM algoritmasıyla IoT destekli yeraltı suyu izleme sistemini sürdürülebilir su yönetimi için incelemiştir [16].

Güvenlik ve İletişim üzerine IoT çalışmaları artarak devam etmektedir. Azzedin ve Alhazmi, MQTT protokolü ile IoT'da güvenli veri dağıtım mimarisini ele almıştır [17]. Sharma ve arkadaşları, IoT tabanlı bir orman yangını tespit sisteminin tasarımını ve test edilmesini incelemiştir [18]. Olivier ve arkadaşları, yazılım tanımlı ağ (SDN) tabanlı güvenlik mimarisinin IoT için nasıl daha esnek ve verimli olabileceğini araştırmıştır [19]. Yan ve arkadaşları, IoT hizmetleri ve uygulamaları için güven yönetiminin önemini vurgularken, güven yönetimi konusundaki farklı konuları ve bu konunun IoT geliştiricileri ve kullanıcıları açısından önemini tartışmıştır [20].

3. Materyal ve Yöntem

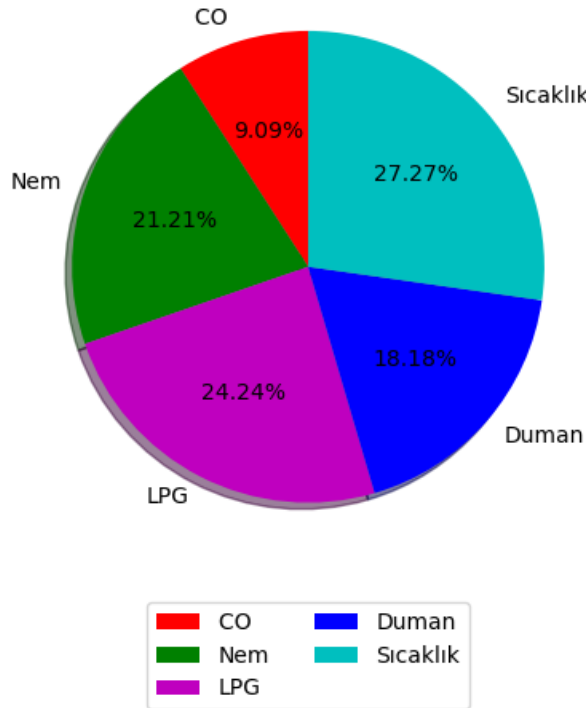
Günümüzde, boğulma ve yangın gibi acil durumlarla başa çıkmak için gelişmiş teknolojilere olan ihtiyaç artmaktadır. Bu amaçla, geniş bir veri seti kullanılarak makine öğrenme algoritmalarıyla risk tahmini yapılması oldukça önemlidir. İncelediğimiz veri setinde bulunan sıcaklık, nem, karbon monoksit (CO), sıvı petrol gazı (LPG), duman, ışık ve hareket gibi çeşitli ölçümler, bu tür acil durumları belirlemede kullanılan ana bileşenlerdir.

Metodoloji kapsamında, bu çalışmada, karbon monoksit (CO), duman ile sıvı petrol gazı (LPG) arasındaki ilişkiyi inceleyerek boğulma risklerini tespit etmeye odaklanılmıştır. Benzer şekilde, nem, sıcaklık ve duman arasındaki ilişki analiz edilerek yangın riski değerlendirilmiştir.

3.1. Veri Seti

Veriler, özel olarak yapılmış çevresel sensör dizilerinden oluşan bir dizi tarafından üretilmiştir [21]. Her biri, Şekil 1'de gösterildiği gibi, popüler, düşük maliyetli, kredi kartı boyutunda Linux işletim sistemli Raspberry Pi tek kartlı bilgisayara bağlı olan bir sensör dizisine bağlıdır. IoT cihazları, sıcaklık, nem ve diğer çevresel koşullarda değişen fiziksel konumlara göre yerleştirilmiştir.

Her cihaz, MQ135 Hava Kalitesi Sensörü, DHT22/AM2302 Dijital Sıcaklık ve Nem Sensörü, Onyehn IR Piroelektrik Kızılötesi PIR Hareket Sensörü ve Anmbest Işık Yoğunluğu Algılama Fotosensitif Sensör içermektedir. Her Raspberry Pi cihazı, özel bir Python kodu çalıştırmakta ve AWS IoT Device SDK kullanarak AWS ile iletişim kurmaktadır. Bu kod, dört sensörden düzenli aralıklarla toplam yedi farklı ölçümü toplamaktadır: sıcaklık, nem, karbon monoksit (CO), sıvı petrol gazı (LPG), duman, ışık ve hareket. Kod, ISO standardı Mesaj Kuyruğu Telemetri Taşıma Protokolü (MQTT) ağ protokolünü kullanarak, sensör ölçümlerini cihaz kimliği ve zaman damgasıyla birlikte tek bir mesaj olarak AWS'ye yollamıştır. AWS IoT Analytics, IoT verilerinin toplanmasını, hazırlanmasını, depolanmasını, analiz edilmesini ve görselleştirilmesini sağlamaktadır. AWS IoT Analytics Veri Kümesi, standart SQL kullanarak veri analistlerine düzenli ve güncel içgörüler sağlamıştır. Toplanan verilerden karbon monoksit (CO), sıcaklık, duman, sıvı petrol gazı (LPG) ve nem bu çalışmada için seçilmiş ve analiz edilmiştir. Bu verilerin birbirleriyle olan oranları Şekil 1'de gösterilmiştir.

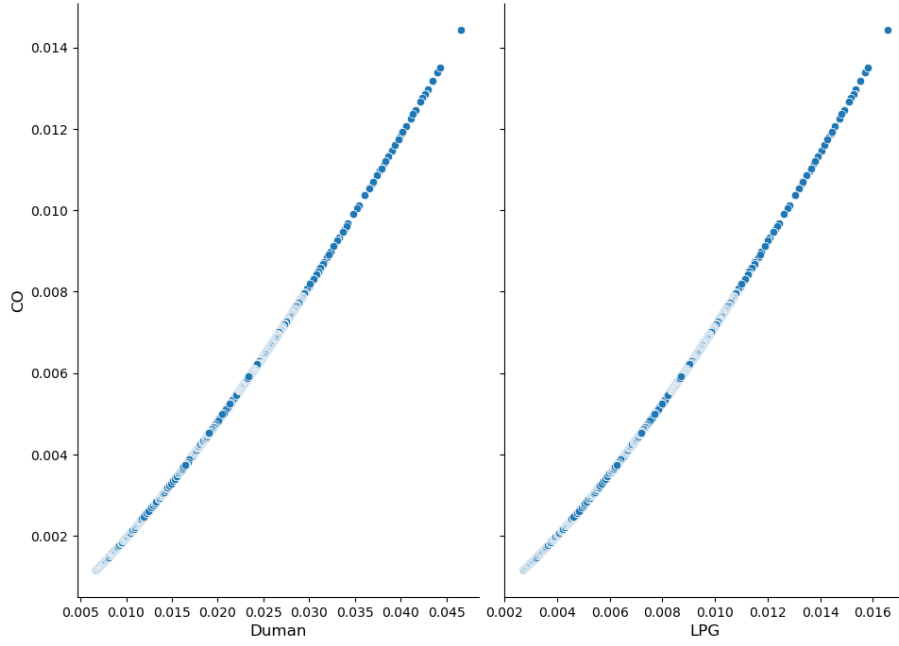


Şekil 1. Verilerin dağılım grafiği.

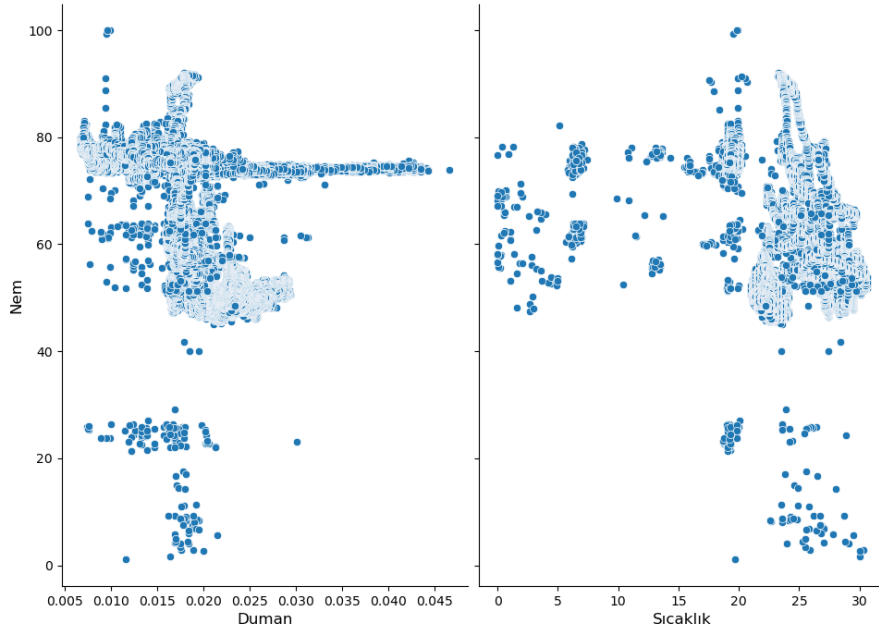
Bu veriler için çeşitli makine öğrenmesi modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller, verilerin anlamlı ilişkilerini ve desenlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Ortamın duman ve sıvı petrol gazı (LPG) seviyeleri, karbonmonoksit (CO) oranını etkileyebilir ve bu, boğulma riski hakkında önemli bilgiler verebilir. Karbonmonoksit, renksiz ve kokusuz bir gazdır ve yüksek seviyelerde maruz kalındığında ölümcül olabilir. Bu nedenle, CO seviyelerinin izlenmesi ve kontrol edilmesi hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada ortamın CO seviyesi,

duman ve sıvı petrol gazı (LPG) seviyelerine göre tahmin edilmiştir. CO verisinin duman ve LPG verisiyle ilişkisi Şekil 2’de gösterilmiştir.

Bu çalışmada, nem, sıcaklık ve duman arasındaki korelasyon kullanılarak yangın riskleri de ayrıca değerlendirilmiştir. Ortamın sıcaklık ve duman seviyeleri, nem oranını etkileyebilir ve bu, yangın riski hakkında önemli bilgiler verebilir. Bu çalışmada ortamın nem seviyesi, sıcaklık ve duman seviyelerine göre tahmin edilmiştir. Duman ve sıcaklığa göre nem verileri Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 2. Duman ve LPG’ye göre CO verileri.



Şekil 3. Duman ve sıcaklığa göre nem verileri.

3.2. Önerilen Yöntem

Modellerin geliştirilme sürecinde çeşitli makine öğrenimi algoritmaları incelenmiştir. Bu kapsamda, doğrusal regresyon, karar ağaçları ve rastgele orman algoritmaları kullanılarak geliştirilen modeller eğitilmiştir. Doğrusal regresyon algoritması, girdi özellikleri ile hedef değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi analiz ederken, karar ağaçları algoritması, veri noktalarını farklı karar düğümleri kullanarak sınıflandırma yapmaktadır. Rastgele orman algoritması ise, birden fazla karar ağacının birleşiminden oluşarak daha yüksek doğruluk ve genelleme kapasitesine göre çalışmaktadır. Bu algoritmalarla geliştirilmiş makine öğrenmesi modelleri, doğruluk, ortalama karesel hata (Mean Squared Error), R kare değeri (R-squared value), ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error) ve Karekök Ortalama Kare Hatası (Root Mean Squared Error) gibi ölçütler ile değerlendirilmiştir.

3.2.1. Doğrusal Regresyon

Doğrusal Regresyon, bir veya daha fazla girdi özelliğine dayalı olarak sürekli bir hedef değişkenini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılan bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma, girdi özellikleri ile hedef değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğunu varsaymaktadır. Özellikle nicel verilerin analizi ve tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.2.2. Karar Ağaçları

Karar Ağaçları, girdi özelliklerinin değerlerine dayanarak özellik uzayını bölen ve veri sınıflandırma veya regresyon görevlerini gerçekleştiren denetimli öğrenme algoritmalarıdır. Bu algoritma, girdi özellikleri hakkında bir dizi soru sorarak ve her soruya verilen yanıtı göre veri kümesini alt gruplara ayırarak çalışmaktadır. Karar ağaçları, dallar ve yapraklar şeklinde yapılandırılmıştır; her dal bir özellik veya özellik değeri ile ilgili bir kararı temsil ederken, yapraklar nihai sınıflandırma veya regresyon sonuçlarını temsil eder. Bu algoritma, özellikle yorumlanabilir ve görselleştirilebilir olmasıyla dikkat çeker ve veri içindeki ilişkileri ve desenleri keşfetmek için yaygın olarak kullanılır.

3.2.3. Rastgele Orman

Rastgele Orman (Random Forest), birden fazla karar ağacının birleşimi ile oluşturulan, güçlü ve esnek bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. Bu yöntem, her bir ağacın bağımsız olarak eğitildiği ve sınıflandırma veya regresyon görevleri için oy çokluğu veya ortalama ile sonuçların belirlendiği bir ansambl öğrenme tekniğidir. Rastgele Orman, özellikle aşırı uyum riskini azaltması ve yüksek doğruluk sağlaması nedeniyle tercih edilmektedir. Her bir ağaç, veri setinin farklı bir alt kümesi ve özelliklerin rastgele bir alt kümesi kullanılarak eğitildiğinden, modelin genelleme yeteneği artar ve veri içindeki karmaşık ilişkileri ve desenleri daha iyi keşfeder.

4. Deneysel Sonuçlar

Makine öğrenmesi algoritmasıyla geliştirilen modeller, sensörlerden elde edilen sıcaklık, nem, karbon monoksit (CO), sıvı petrol gazı (LPG) ve duman özelliklerine dayalı olarak boğulma ve yangın risklerinin analizleri için kullanılacaktır. Tablo 1'de, boğulma ve yangın risklerini tahmin etmek için üç farklı makine öğrenmesi modelinin (Doğrusal Regresyon, Karar Ağaçları, Rastgele Orman) performansları karşılaştırılmaktadır. Boğulma riski modelleri için tüm algoritmalar oldukça yüksek doğruluk oranları göstermektedir. Yangın riski tahmini için Karar Ağaçları ve Rastgele Orman algoritmalarının doğruluğu daha yüksektir. Doğrusal Regresyon modeli yangın riskini tahmin etmekte diğer algoritmalara göre daha düşük bir doğruluk sergilemiştir. Bu nedenle yangın riskini tahmin etmek için daha karmaşık modellerin kullanılması gerektiği görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, boğulma riski modelleri ve yangın riski modelleri arasında Karar Ağaçları algoritmasının eğitim ve test doğruluğunun daha yüksek olduğu görülmektedir.

En iyi sonucu veren Karar Ağaçları modelinin performansını daha iyi değerlendirmek amacıyla ortalama karesel hata (Mean Squared Error), R kare değeri (R-squared value), ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error) ve Karekök Ortalama Kare Hatası (Root Mean Squared Error) ölçütleri hesaplanmış ve bu değerler Tablo 2'de sunulmuştur. Bu tabloda gösterildiği üzere, boğulma riski modeli için hata değerleri oldukça düşük olup, R^2 değeri 0,9999 gibi yüksek bir seviyededir. Bu da modelin boğulma riskini tahmin etmede oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Yangın riski modeli için ise R^2 değeri 0,92 olup, boğulma riski modeline kıyasla biraz daha düşük

bir doğruluk göstermektedir. Ancak, hata oranları çok yüksek seviyede olmadığı için bu model de güvenilir bir tahmin performansı sergilemektedir.

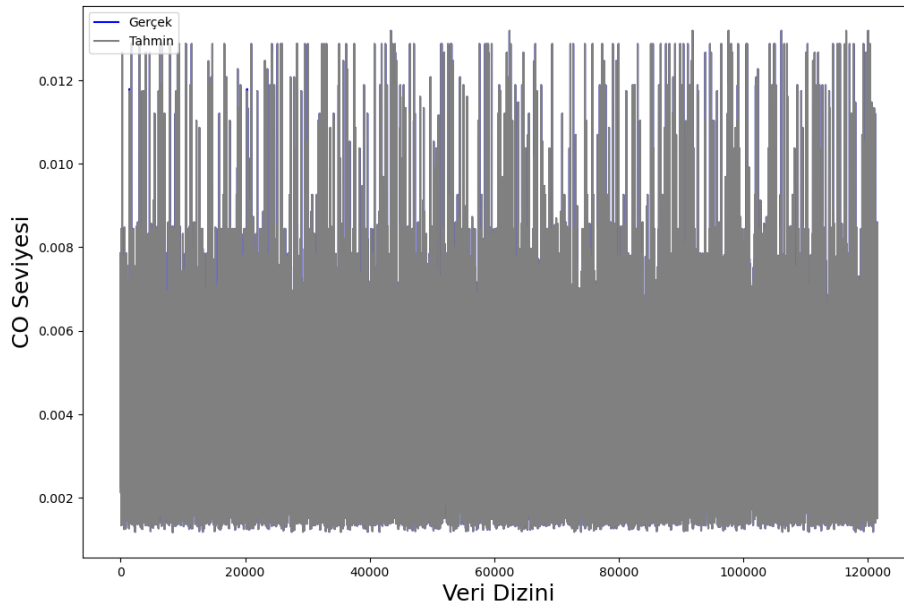
Tablo 1. Modeller için eğitim ve test doğrulukları karşılaştırması.

Modeller	BOĞULMA RİSKİ SONUÇLARI		YANGIN RİSKİ SONUÇLARI	
	Eğitim doğruluğu	Test doğruluğu	Eğitim doğruluğu	Test doğruluğu
Doğrusal regresyon	0,999983885838265	0,999984109115112	0,5534698031705984	0,55619564681251
Karar ağaçları	0,999999999796625	0,9999998227958908	0,9422338602458314	0,9239682135531241
Rastgele orman	0,9999997508156356	0,999999819997838	0,9414072173047445	0,9270064488316794

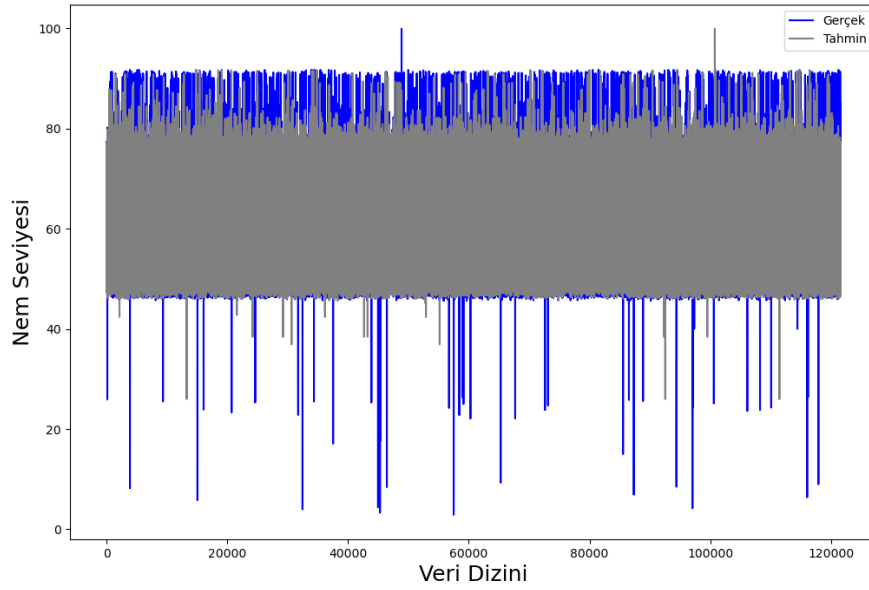
Tablo 2. Karar ağacı modelinin değerlendirilmesi.

MODEL ÖLÇÜTLERİ	BOĞULMA RİSKİ MODELİ	YANGIN RİSKİ MODELİ
Ortalama karesel hata	2,7593929502003615e-13	9,781734509621513
R kare değeri	0,9999998227958908	0,9239682135531241
Ortalama mutlak hata	7,402135064247846e-09	1,419058710982499
Karekök Ortalama Kare Hatası	5,25299243308075e-07	3,1275764594365256

Nem seviyesinin doğru tahmini, sıcaklık ve duman verileriyle birlikte değerlendirildiğinde, yangın riskinin önceden belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Geliştirilen Karar Ağaçları modeli, CO seviyesi tahmini ile boğulma riskinin, nem seviyesi tahmini ile ise yangın riskinin analizinde kullanılabilir. Karar Ağaçları modelinin CO seviyesi ve nem seviyesi için gerçek ve tahmin değerlerinin grafiksel dağılımları çıkarılmış ve Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir. Şekil 4, Karar Ağaçları algoritmasıyla tahmin edilen CO seviyeleri ile gerçek CO seviyelerinin dağılımını göstermektedir. Grafikte mavi renk gerçek değerleri, gri renk ise tahmin edilen değerleri temsil etmektedir. Modelin tahmin ettiği değerler, gerçek değerlerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu durum, geliştirilen makine öğrenmesi modelinin CO seviyesini başarılı bir şekilde tahmin edebildiğini ve boğulma risk analizinde güvenilir bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Şekil 5'te ise, Karar Ağaçları algoritması ile tahmin edilen nem seviyeleri ile gerçek nem seviyelerinin karşılaştırması sunulmaktadır. Bu şekilde de mavi renk gerçek nem seviyelerini, gri renk ise modelin tahmin ettiği değerleri göstermektedir. Şekil 5'te görüldüğü üzere, tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerle büyük ölçüde örtüşmesi, modelin yangın riski analizinde güvenilir sonuçlar üretebildiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Boğulma riski tahmin sistemleri için karar ağaçları modelinin CO seviyesinin gerçek ve tahmin değerleri.



Şekil 5. Yangın riski tahmin sistemleri için karar ağaçları modelinin nem seviyesinin gerçek ve tahmin değerleri.

5. Sonuç

Bu çalışma, makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak boğulma ve yangın risklerini tahmin etmeye yönelik bir yaklaşım sunmuştur. Bu çalışma kapsamında, boğulma ve yangın risklerini önceden tespit edebilmek için çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları incelenmiş ve uygulanmıştır. Veri setinden seçilen nem ve sıvı petrol gazı (LPG) seviyelerine göre karbon monoksit (CO) seviyesi tahmini; sıcaklık ve duman seviyelerine göre nem seviyesi tahmini oluşabilecek boğulma ve yangın risklerinin tahmininde yardımcı olacaktır. Bu veriler, özel olarak geliştirilmiş sensör dizileri tarafından toplanmış ve makine öğrenmesi yöntemleriyle analiz edilmiştir. IoT tabanlı sensörlerden elde edilen verilerle eğitilen modeller, deneysel sonuçlarla değerlendirilmiş ve doğruluk oranları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın temel bulgularına göre, boğulma riski tahmini için en iyi performans Karar Ağaçları modeli göstermiştir ve %99,99 gibi çok yüksek bir doğruluk oranına ulaşmıştır. Bu durum, modelin CO seviyelerini ve ilgili değişkenleri oldukça başarılı bir şekilde tahmin ettiğini ortaya koymaktadır. Yangın riski tahmini için Karar Ağaçları ve Rastgele Orman algoritmaları yaklaşık %92 doğruluk oranıyla benzer sonuçlar vermiştir. Bu oran, modelin yangın riskini makul bir doğrulukla öngörebildiğini göstermektedir. Ancak, doğrusal regresyon modelinin düşük performansı, yangın tahmini için doğrusal olmayan yaklaşımların daha etkili olduğunu göstermektedir.

Hata analizleri incelendiğinde, Karar Ağaçları algoritmasının ortalama karesel hata (MSE) ve R^2 metriği açısından güçlü bir performans sergilediği görülmüştür. Özellikle boğulma riski tahmininde R^2 değerinin 0,9999 olması, modelin değişkenler arasındaki ilişkileri oldukça iyi öğrendiğini göstermektedir. Deneysel sonuçlarda, modelin tahmin ettiği değerlerin gerçek ölçüm değerleriyle büyük ölçüde örtüştüğü görülmektedir. Bu durum, Karar Ağaçları modelinin CO seviyeleri ve nem seviyeleri için güvenilir tahminler yapabildiğini ve bu sayede boğulma ve yangın risk analizlerinde etkin bir araç olarak kullanılabileceğini kanıtlamaktadır.

Bu çalışma, yangın ve boğulma risklerini tahmin etmek amacıyla IoT destekli, makine öğrenmesi tabanlı bir sistem sunarak, acil durum yönetimi alanında uygun yaklaşımların geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Modelin erken uyarı sistemleriyle entegre edilmesi, özellikle endüstriyel alanlar, akıllı binalar ve kapalı ortamlarda risk yönetimini geliştirecektir. Gerçek zamanlı uygulamalar için geliştirilen sistem, yangın ve boğulma vakalarına hızlı müdahale edilmesini sağlayarak can ve mal kayıplarını en aza indirmeye yardımcı olabilir.

Bu çalışma, makine öğrenmesi ve IoT teknolojilerini birleştirerek akıllı risk yönetimi sistemleri için önemli bir adım sunmaktadır. Bu çalışma için geliştirilen model, gelecekte daha karmaşık sistemlere entegre edilerek, çevresel güvenlik çözümlerine katkı sağlayabilir. Çalışmanın bulgularına dayanarak, gelecekte daha geniş ve çeşitli veri setleri kullanılarak modelin farklı çevresel koşullardaki başarısının test edilmesi, derin öğrenme modellerinin entegrasyonu ile daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşılması, gerçek zamanlı IoT sistemleriyle saha

testlerinin gerçekleştirilmesi ve farklı sensör teknolojilerinin eklenmesiyle modelin daha geniş ölçekli uygulanabilirliğinin artırılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- [1] Shaikh M, Ali A, Ahmed R, Shaikh BA. A review on Internet of Things (IoT) based water monitoring system. *J Kejuruter* 2023; 35(6): 1273-1278.
- [2] AlZubi AA. IoT-based automated water pollution treatment using machine learning classifiers. *Environ Technol* 2024; 45(12): 2299-2307.
- [3] Kaginalkar A, Kumar S, Gargava P, Niyogi D. Review of urban computing in air quality management as smart city service: An integrated IoT, AI, and cloud technology perspective. *Urban Clim* 2021; 39: 100972.
- [4] Vo DT, Nguyen XP, Nguyen TD, Hidayat R, Huynh TT, Nguyen DT. A review on the internet of thing (IoT) technologies in controlling ocean environment. *Energy Sources Part A: Recovery Util Environ Eff* 2021; 43(1): 1-19.
- [5] Popescu SM, Mansoor S, Wani OA, Kumar SS, Sharma V, Sharma A, Arya VM, ve diğerleri. Artificial intelligence and IoT driven technologies for environmental pollution monitoring and management. *Front Environ Sci* 2024; 12: 1336088.
- [6] Khalil K, Elgazzar K, Seliem M, Bayoumi M. Resource discovery techniques in the internet of things: A review. *Internet Things* 2020; 12: 100293.
- [7] Al-Obaidi KM, Hossain M, Alduais NAM, Al-Duais HS, Omrany H, Ghaffarianhoseini A. A review of using IoT for energy efficient buildings and cities: A built environment perspective. *Energies* 2022; 15(16): 5991.
- [8] Musa AA, Hussaini A, Qian C, Guo Y, Yu W. Open radio access networks for smart IoT systems: State of art and future directions. *Futur Internet* 2023; 15(12): 380.
- [9] Li Y, Alqahtani A, Solaiman E, Perera C, Jayaraman PP, Buyya R, Morgan G, Ranjan R. IoT-CANE: A unified knowledge management system for data-centric Internet of Things application systems. *J Parallel Distrib Comput* 2019; 131: 161-172.
- [10] Xiang J, Zhao A, Tian GY, Woo W, Liu L, Li H. Prospective RFID sensors for the IoT healthcare system. *J Sensors* 2022; 2022(1): 8787275.
- [11] Abdulmalek S, Nasir A, Jabbar WA, Almuahy MAM, Bairagi AK, Khan MA-M, Kee S-H. IoT-based healthcare-monitoring system towards improving quality of life: A review. *Healthcare* 2022; 10(10): 1993.
- [12] Al-Rawashdeh M, Keikhosrokiani P, Belaton B, Alawida M, Zwiri A. IoT adoption and application for smart healthcare: A systematic review. *Sensors* 2022; 22(14): 5377.
- [13] Hintaw AJ, Manickam S, Aboalmaal MF, Karuppayah S. MQTT vulnerabilities, attack vectors and solutions in the Internet of Things (IoT). *IETE J Res* 2023; 69(6): 3368-3397.
- [14] Sharma A, Nayyar A, Singh KJ, Kapoor DS, Thakur K, Mahajan S. An IoT-based forest fire detection system: design and testing. *Multimed Tools Appl* 2023; 83(13): 38685-38710.
- [15] Riskiawan HY, Gupta N, Setyohadi DPS, Anwar S, Kurniasari AA, Hariono B, Firmansyah MH, Yogiswara Y, ve diğerleri. Artificial intelligence enabled smart monitoring and controlling of IoT-green house. *Arab J Sci Eng* 2023; 49(3): 3043-3061.
- [16] Prabu RT, Sarkar M, Chaudhary D, Al Obaid S, Al-ateeq TK, Kalam MA. IoT-enabled groundwater monitoring with k-NN-SVM algorithm for sustainable water management. *Acta Geophys* 2024; 72(4): 2715-2728.
- [17] Yan Z, Zhang P, Vasilakos AV. A survey on trust management for Internet of Things. *J Netw Comput Appl* 2014; 42: 120-134.
- [18] Olivier F, Carlos G, Florent N. New security architecture for IoT network. *Procedia Comput Sci* 2015; 52: 1028-1033.
- [19] Azzedin F, Alhazmi T. Secure data distribution architecture in IoT using MQTT. *Appl Sci* 2023; 13(4): 2515.
- [20] Vo DT, Nguyen XP, Nguyen TD, Hidayat R, Huynh TT, Nguyen DT. A review on the internet of thing (IoT) technologies in controlling ocean environment. *Energy Sources Part A: Recovery Util Environ Eff* 2021; 43(1): 1-19.
- [21] Stafford G. Environmental Sensor Telemetry Data - Kaggle. Erişim: 04 Mart 2025. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.kaggle.com/datasets/garystafford/environmental-sensor-data-132k/code>

Disleksi için Yenilikçi Eğitim Teknolojileri: Artırılmış Gerçekliğin Rolü

Mehmet Şahin AÇIKKAPI^{1*}

¹Munzur Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksek Okulu Tunceli, Türkiye

¹ mehmetacikkapi@gmail.com

(Geliş/Received: 19/12/2024;

Kabul/Accepted: 27/12/2024)

Öz: Bu çalışma, disleksili öğrencilerin okuma-yazma becerilerini geliştirmeye yönelik mevcut teknolojik araçların ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin katkılarını incelemektedir. Geleneksel çözümler arasında metni sese dönüştürme araçları, kelime tanımlama yazılımları ve etkileşimli okuma uygulamaları yer alırken, bu araçlar genellikle iki boyutlu ekran deneyimiyle sınırlı kalmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, öğrencilerin çok-duyulu, mekânsal ve etkileşimli bir öğrenme ortamında çalışmasına olanak tanıyarak görsel-işitsel destek sunmaktadır. Artırılmış gerçeklik uygulamaları, kelime tanıma, telaffuz, anlamlandırma ve öğrenmeyi pekiştirme süreçlerini üç boyutlu modeller, sesli geri bildirim ve gerçek zamanlı ipuçları ile desteklemektedir. Bu makalede, artırılmış gerçeklik tabanlı okuma uygulamasının bireysel pratik, iş birliğine dayalı sınıf çalışmaları ve evde ebeveyn katılımı gibi senaryolardaki uygulama örnekleri sunulmuş, geleneksel teknolojik araçlarla karşılaştırılabilir avantajları ve yenilikçi yönleri değerlendirilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalara ilişkin öngörüler paylaşılarak artırılmış gerçekliğin uzun vadeli etkilerinin analizine ve farklı öğrenme profillerine yönelik kişiselleştirilebilir modellerin geliştirilmesinin ne kadar kıymetli olabileceğine ilişkin planlamalar verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Disleksi, artırılmış gerçeklik, eğitim teknolojileri, metni sese dönüştürme.

Innovative Educational Technologies for Dyslexia: The Role of Augmented Reality

Abstract: This study examines the contributions of existing technological tools and augmented reality technology in improving the literacy skills of students with dyslexia. Traditional solutions, such as text-to-speech tools, word definition software, and interactive reading applications, are often limited to a two-dimensional screen experience. Augmented reality technology, on the other hand, provides visual-auditory support by allowing students to work in a multi-sensory, spatial, and interactive learning environment. Augmented reality applications support processes such as word recognition, pronunciation, comprehension, and reinforcement of learning through three-dimensional models, auditory feedback, and real-time cues. This paper presents application examples of augmented reality-based reading applications in scenarios such as individual practice, collaborative classroom activities, and parental involvement at home. It evaluates their advantages and innovative aspects compared to traditional technological tools. Predictions for future research are also shared, emphasizing the value of analyzing the long-term effects of augmented reality and developing personalized models tailored to different learning profiles.

Key words: Dyslexia, augmented reality, educational technologies, text-to-speech.

1. Giriş

Disleksi, okuma ve yazma becerilerinin ediniminde belirgin güçlüklerle kendini gösteren nörogelişimsel bir öğrenme bozukluğudur [1]. Bu durum, öğrencilerin erken okuryazarlık döneminde harf-ses eşleştirme, kelime tanıma, akıcı okuma ve metin anlama gibi temel becerilerde gecikme ve hatalara yol açmaktadır [2]. Geleneksel öğretim yöntemleri, disleksili öğrencilerin okuma-yazma edinimini destekleme konusunda önemli katkılar sunsa da çoğu zaman yetersiz kalmakta, öğrencilerin özgüven, motivasyon ve akademik başarı düzeylerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir [3]. Bu noktada, eğitim teknolojilerindeki dönüşüm disleksili öğrenciler için yeni fırsatlar yaratmaktadır. Metni sese dönüştürme (Text-to-Speech) araçları, kelime tanımlama yazılımları, sesli geri bildirim, görsel vurgulama ve kullanıcıya özel ayarlamalar sunan uygulamalar, öğrencilerin metinlerle kurdukları etkileşimi daha anlamlı, kolay ve motive edici hale getirmektedir [4]. Bu teknolojiler, ipnot¹ öğrenme materyallerinin görsel, işitsel ve etkileşimli yönlerini zenginleştirerek disleksili bireylerin okuma hızını, anlama düzeyini ve genel öğrenme deneyimini iyileştirebilmektedir [4]. Ancak tüm bu araçlar çoğunlukla iki boyutlu ekran deneyimiyle sınırlıdır.

Artırılmış gerçeklik (AG), fiziksel dünya üzerine dijital bilgiyi bindirme yaklaşımıyla bu sınırı aşma potansiyeline sahiptir. AG, disleksili öğrencilerin okuma-yazma becerilerini geliştirirken çok-duyulu, mekânsal

* Sorumlu yazar: mehmetacikkapi@munzur.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0002-5242-1937

ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunar [4]. Öğrenci, basılı metinler, kelimeler ya da harflerle etkileşim kurarken aynı anda cihaz ekranında beliren sesli telaffuz, görsel ipuçları, anlam açıklamaları ve hatta 3D modeller sayesinde bilgiyi farklı kanallardan işleyebilir. Bu durum, geleneksel teknolojik çözümlerin ötesine geçerek öğrenme sürecini derinleştirir, öğrencinin derse katılımını ve motivasyonunu artırır [5]. Sonuç olarak, disleksili öğrenciler için teknoloji destekli eğitim yöntemleri, öğrenme sürecinin temel yapı taşlarını kuvvetlendirmekte, artırılmış gerçeklik ise bu yapıyı daha etkin, esnek ve bireyselleştirilebilir bir boyuta taşımaktadır. Bu makalede, disleksili öğrencilerin okuma-yazma becerilerini geliştirmeye yönelik mevcut teknolojik yaklaşımlar özetlenerek, artırılmış gerçekliğin bu yaklaşımlara kıyasla sunduğu yenilikçi ve tamamlayıcı rol incelenecektir.

2. Disleksili Öğrencilere Yönelik Mevcut Teknolojik Yaklaşımlar

Disleksili öğrenciler için geliştirilen teknoloji tabanlı müdahaleler, geleneksel öğretim yöntemlerini önemli ölçüde tamamlamakta ve çeşitlendirmektedir. Bu araçlar, öğrencilerin okuma-yazma becerilerini kazanırken yaşadıkları güçlükleri hafifletmeyi, motivasyonlarını artırmayı ve öğrenme sürecini bireyselleştirmeyi amaçlamaktadır [5-9]. Tablo 1’de bu alanda gerçekleştirilen bazı çalışmalar karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Tablo 1. Disleksili öğrencilere yönelik geliştirilen uygulama örnekleri.

Odaklanılan Teknoloji/Müdahale	Amaç	Örneklem	Temel Bulgular
Elektronik sözlük ve kelime tanımlama yazılımları	Okuduğunu anlama ve kelime öğrenme üzerindeki etkiyi değerlendirmek	Ortaokul öğrencileri, düşük okuduğunu anlama becerisine sahip	Elektronik sözlük kullanımı, okuduğunu anlama ve kelime dağarcığını artırmada olumlu etki göstermiştir.
Metni Sese Dönüştürme (TTS) teknolojisi	TTS teknolojisinin okuma becerileri üzerindeki etkisini incelemek	Okuma güçlüğü yaşayan öğrenciler	TTS kullanımı, okuma hızını ve doğruluğunu artırmış, öğrencilerin okuduğunu anlama performansına katkı sağlamıştır.
Teknoloji destekli okuma müdahaleleri (farklı araçlar ve uygulamalar)	Teknoloji ile zenginleştirilmiş okuryazarlık müdahalelerinin etkililiğini meta-analiz yöntemiyle değerlendirmek	İlkokul düzeyinde okuma güçlüğü olan öğrenciler	Teknoloji tabanlı müdahaleler, okuma akıcılığı, anlama ve motivasyonda anlamlı gelişim sağlamıştır.
Mobil uygulamalar aracılığıyla sunulan okuma eğitimleri	Şeffaf yazı sistemine sahip bir dilde (örn. Malawi’de Chichewa) mobil eğitsel teknolojinin etkisini incelemek	Gelişmekte olan bir ülkede ilkökul öğrencileri	Mobil uygulamalar, bağımsız çalışma olanağı sunarak okuma becerilerinde anlamlı iyileşme sağlamıştır.

Metni sese dönüştürme araçları, disleksili öğrencilerin okudukları metni eş zamanlı dinleyerek görsel-işitsel destek almalarına olanak tanımaktadır. Bu sayede öğrenciler, harf-ses eşleştirmede zorlandıkları kelimelerin telaffuzunu duyarak okuma hızlarını ve anlama düzeylerini geliştirebilirler [10]. TTS araçları, öğrencinin dikkatini anlamaya yönlendirerek kelime tanıma sürecine bilişsel yük bindiren görsel kod çözme zorluklarını azaltır. Bu tür teknolojik çözümler, öğrencilerin okuma materyalleriyle daha fazla etkileşime girmelerini sağlayarak özgüvenlerini artırır.

Disleksili öğrenciler genellikle kelime dağarcığını genişletme ve kelime tanıma becerileri kazanma sürecinde zorluk yaşarlar. Etkileşimli okuma programları ve kelime tanımlama yazılımları, kelimelerin anlam, kullanım örneği ve telaffuz bilgilerini görsel-işitsel ipuçlarıyla birlikte sunarak bu süreci kolaylaştırmaktadır [11, 12]. Bu uygulamalar, kelime üzerine tıklandığında ortaya çıkan sözlük pencereleri, resimli açıklamalar veya eş anlamlılar gibi etkileşimli içerikler sayesinde, öğrencinin kelimeyi çok yönlü olarak işlemesini mümkün kılar. Böylelikle öğrenciler, kelimeleri salt ezber yöntemiyle değil, anlam bağlamında öğrenerek okuduğunu anlama becerilerini güçlendirirler.

Günümüzde mobil cihazların yaygınlaşması, disleksili öğrencilerin eğitimine yeni bir boyut kazandırmıştır. Mobil uygulamalar, öğrencinin istediği zaman ve mekânda okuma alıştırmaları yapmasına, öğrenme materyallerini kişiselleştirmesine ve ilerlemesini takip etmesine olanak sağlar [13]. Bu tür uygulamalar, kullanıcı dostu arayüzler, ayarlanabilir okuma hızları, özel font tipleri, renk filtreleri ve sesli geri bildirim gibi özelliklerle öğrencinin ihtiyacına göre ayarlanabilir. İnteraktif öğrenme ortamları, oyunlaştırma teknikleri ve anlık geribildirim mekanizmalarıyla öğrencinin dikkatini çeker, öğrenmeye karşı ilgisini artırır. Sonuç olarak, teknoloji destekli

okuma-yazma müdahaleleri, disleksili öğrencilerin öğrenme süreçlerini çeşitlendirerek, daha erişilebilir, esnek ve motive edici kılmaktadır [14, 15].

Geleneksel teknolojik desteklerin önemli katkılarına rağmen çoğu zaman iki boyutlu ekran deneyimiyle sınırlı kaldığı görülmektedir. Artırılmış gerçeklik (AG), fiziksel dünya üzerine dijital bilgi bindirerek öğrenme ortamını zenginleştiren, çok-duyulu ve etkileşimli bir deneyim sunan bir teknolojidir [16]. AG uygulamalarında öğrenciler, gerçek dünyadaki nesnelere etkileşime geçerken aynı anda sanal nesnelere, metinlere ve seslendirmelere görebilir, duyabilir, hatta dokunsal geribildirim alabilir. Bu durum, öğrenme materyallerinin soyut kavramlardan öte, doğrudan deneyimlenebilir hâle gelmesini sağlar [17]. AG, kamera, konumlandırma sistemleri ve ekranlar aracılığıyla sanal öğeleri gerçek dünyaya yerleştirerek etkileşimli öğrenme ortamları yaratır. Eğitim alanında, fen bilimlerinden coğrafyaya, dil öğretiminden tıp eğitimine kadar pek çok disiplinde kullanılmaktadır [15-19]. Bu sayede öğrenciler, üç boyutlu modelleri inceleyebilir, metinlerin gerçek dünya nesnelereyle bağlantısını canlı bir biçimde gözlemleyebilir ve görsel-işitsel ipuçlarını eş zamanlı olarak alabilirler. Örneğin, bir metni okurken, ekrana yansıtılan üç boyutlu figürlerle metnin içeriği arasında görsel bir köprü kurulabilir ve böylece anlamlandırma süreci kolaylaştırılabilir [20].

Disleksili öğrenciler için AG teknolojisi, okuma-yazma becerilerini destekleyen çok yönlü bir platform sunar. Harf, hece ve kelime tanıma sürecinde öğrenciler, basılı metnin üzerine cihazlarını tuttuklarında ekranda beliren üç boyutlu görseller, kelimenin telaffuzunu sesli olarak dinleme imkânı, kelime anlamı ve örnek cümleler gibi zenginleştirilmiş içerik ile karşılaşabilirler [21]. Bu sayede öğrenci, metni yalnızca görsel olarak taramak yerine aynı anda duyar, anlamını kavrar ve kelimeyi üç boyutlu bir bağlam içinde deneyimleyerek çok-duyulu bir öğrenme yaşantısı edinir. Ayrıca, metin takibi sırasında gerçek zamanlı geribildirim sunabilen AG uygulamaları, öğrencinin okuma hatalarını anında fark ederek düzeltmesine ve böylece okuma hızını ve doğruluğunu artırmasına yardımcı olur [22]. AG'nin bu özellikleri, disleksili öğrencilerin dil bilgisi yapılarını geliştirme, kelime dağarcığını genişletmesini ve okuma motivasyonunu yükseltmesini sağlar. Böylelikle, geleneksel teknolojik araçların ötesine geçen AG, disleksili öğrencilerin öğrenme deneyimini derinleştiren, öğrenme materyallerini daha somut, eğlenceli ve etkileşimli hale getiren güçlü bir destek sistemi olarak öne çıkar [18-24]. Gelişen teknoloji ve algoritmalar, eğitimde olduğu gibi farklı disiplinlerde de gerçek dünya sorunlarının çözümüne katkıda bulunmak için etkin bir şekilde kullanılmaktadır [25, 26]. Geleneksel teknolojik araçlar ile AG teknolojisinin kıyaslanması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Geleneksel teknolojik araçlar ile AG teknolojisinin kıyaslanması.

Kriter	Geleneksel Teknolojik Araçlar	Artırılmış Gerçeklik (AG)
Etkileşim Düzeyi	Genellikle pasif okuma veya dinleme deneyimi sunar. Öğrenci, metinle yoğunlukla ekran aracılığıyla etkileşim halindedir.	Öğrenci fiziksel dünya ile doğrudan etkileşime girer, cihazı belirli kelimeler veya nesnelere tutarak 3D objeleri farklı açılardan inceleyebilir, objeleri hareket ettirebilir.
Çok-Duyulu Öğrenme Deneyimi	İşitsel ve görsel geri bildirim sunar, ancak yoğunlukla iki duyuluyla sınırlıdır.	Dokunsal ve mekânsal duyuyu da devreye sokar. Öğrenci, 3D nesnelere konumlandırarak, görerek, duyarak ve dokunsal geribildirim alarak bilgiyi çok-duyulu bir şekilde işler.
Motivasyon ve Katılım	Pasif deneyim nedeniyle motivasyon artışı sınırlı olabilir. Öğrenci yoğunlukla bilgiyi almakla sınırlıdır.	Oyunlaştırma unsurları, hareketli grafikler, 3D modeller ve gerçek zamanlı geribildirimle öğrencinin ilgisini ve öz yeterliliğini artırır. Öğrenci, öğrenme materyalinin aktif bir parçasına dönüşür.
Kişiselleştirme Kapasitesi	Yazı tipi, renk, okuma hızı gibi sınırlı özelleştirmeler sunar.	Öğrencinin etkileşim düzeyine göre içerik uyarlanabilir. Öğrenci belirli bir kelime üzerinde duraksadığında, ek ipuçları veya görsel-işitsel destek sağlanabilir.

3. Örnek Uygulama: Artırılmış Gerçeklik Destekli Okuma Süreci

Disleksili öğrencilerin okuma-yazma becerilerini desteklemek amacıyla tasarlanan artırılmış gerçeklik (AG) tabanlı bu uygulama, öğrencinin fiziksel ortamda yer alan basılı bir metinle etkileşime girmesine olanak tanır. Uygulama, geleneksel teknolojik araçların ötesine geçerek öğrencinin görsel, işitsel, mekânsal ve dokunsal duyularını aynı anda devreye sokan çok-duyulu bir öğrenme deneyimi yaratmayı hedeflemektedir. Uygulamanın genel yapısı aşağıdaki gibidir.

- Adım 1. Materyal Seçimi: Öğretmen veya eğitimci, öğrencinin dil seviyesine ve ilgi alanlarına uygun kısa bir metin seçer. Bu metin, birkaç cümle ya da paragraf içerebilir. Metin, önceden uygulamaya entegre edilmiş kelime veri tabanı ile ilişkili hale getirilir.

- Adım 2. Cihaz Kurulumu: Öğrenci, bir tablet veya akıllı telefon aracılığıyla uygulamaya erişir. Cihazın kamerası, metnin üzerine tutulduğunda AG öğelerinin ekrana yansıtılabilmesi için konumlandırma algılama (marker tracking veya markerless AR) altyapısı devreye sokulur.
- Adım 3. Tarama ve Tanıma: Öğrenci, cihazını basılı metnin ilk kelimesine doğrulttuğunda uygulama ilgili kelimeyi tanır. Bu aşamada, kelime ekranda vurgulu bir biçimde görüntülenir.
- Adım 4. 3D Model ve Görsel Kodlama: Her kelime, uygulama veritabanında önceden tanımlanmış bir 3D model veya simge ile ilişkilendirilmiştir. Örneğin, “kedi” kelimesi okunduğunda ekranda bir kedinin üç boyutlu modeli belirir. Öğrenci, bu nesneyi farklı açılardan inceleyerek kelimenin anlamını görsel olarak pekiştirir.
- Adım 5. Seslendirme ve Telaffuz: Öğrenci kelime üzerine geldiğinde uygulama otomatik olarak kelimenin sesli telaffuzunu yapar. Böylece öğrenci, görsel kod çözme aşamasında yaşadığı güçlüğü işitsel geri bildirimle telafi edebilir.
- Adım 6. Hız ve Tonlama Kontrolü: Uygulama, seslendirme hızını ve tonlamayı öğrencinin tercihlerine veya ihtiyaçlarına göre ayarlayabilir. Bu sayede öğrenci, kelimenin telaffuzunu istediği kadar tekrar dinleyerek fonolojik farkındalığını geliştirebilir.
- Adım 7. Anlam ve Kullanım Örnekleri: Öğrenci, ekranda beliren kelimenin üzerine dokunduğunda veya belirli bir süre odaklandığında, kelimenin anlamı, eş anlamlıları, örnek cümleleri veya kısa açıklamaları ekranda belirir. Böylece öğrenci, kelimeyi sadece ses ve imge ile değil, anlam bağlamında da işlemiş olur.
- Adım 8. Bağlam İçi Öğrenme: Aynı metin içinde yer alan diğer kelimelere de benzer yöntemlerle ulaşıldığında, öğrenci kelimeler arasındaki anlamsal ilişkileri fark eder. Bu, okuduğunu anlama becerisini ve kelime dağarcığını artırır.
- Adım 9. Gerçek Zamanlı Düzeltme: Öğrenci kelimeyi yanlış telaffuz ettiğinde veya anlayamadığında, uygulama ek ipuçları sunabilir. Örneğin, kelimenin ilk harfine odaklanan bir görsel ipucu veya telaffuzun yavaşlatılmış bir sürümü gibi.
- Adım 10. Oyunlaştırma Unsurları: Uygulama, öğrencinin ilerlemesini ölçmek için basit görevler veya mini oyunlar sunabilir. Öğrenci belirli sayıda kelimeyi doğru tanıdığına veya metni akıcı bir şekilde okuduğuna puan, rozet ya da sanal ödüller kazanır. Bu tür oyunlaştırma unsurları, öğrencinin motivasyonunu ve içsel katılımını artırır.
- Adım 11. İlerleme Takibi: Uygulama, öğrencinin hangi kelimelerde zorlandığını, hangilerini kolayca anladığını ve okuma hızını otomatik olarak kaydeder. Bu veriler, öğretmenin öğrencinin zorluk yaşadığı alanları belirlemesine yardımcı olur.
- Adım 12. Kişiselleştirme: Uygulama, öğrencinin verilerine dayanarak ilerleyen aşamalarda sunulan kelimelerin zorluk derecesini, görsel ipuçlarının çeşidini veya sesli telaffuzun hızını uyarlayabilir. Bu sayede eğitim süreci her öğrencinin bireysel ihtiyaçlarına uygun bir yol izler.

Planlanan bu adımları gerçekleştirebilmek için hedeflenen uygulama için taslak ekran görselleri Şekil 1’de sunulmuştur. Uygulamanın başarısını farklı perspektiflerden değerlendirebilmek için üç farklı kullanıcı-durum senaryosu hazırlanmıştır. Bu üç örnek senaryo, AG tabanlı okuma uygulamasının bireysel pratik, iş birliğine dayalı sınıf çalışması ve ev ortamında ebeveyn katılımıyla nasıl zenginleştirilebileceğini göstermektedir. Her senaryoda disleksili öğrencinin görsel-işitsel-mekânsal ipuçlarıyla desteklenen, motivasyonu artırılmış ve kişiselleştirilmiş bir öğrenme deneyimi yaşaması hedeflenmektedir.

Use-Case Senaryosu 1: Bireysel Okuma Pratiği

Bağlam: 10 yaşındaki Ali, disleksi nedeniyle kelime tanıma ve anlamlandırma becerilerinde güçlük yaşamaktadır. Öğretmen, Ali’nin seviyesine uygun kısa bir hikâye seçmiştir. Adımlar:

- **Materyal Hazırlığı:** Öğretmen, Ali’nin seviyesine uygun 5-6 cümlelik kısa bir metni basılı olarak hazırlar. Metin, daha önceden AG uygulamasına entegre edilmiş olan bir kelime veritabanına sahiptir.
- **Cihaz Kullanımı:** Ali, tablette yüklü olan AG uygulamasını açar. Metnin ilk cümlesine cihazın kamerasını yönlendirir.
- **AG Etkileşimi:** Cihaz ekranda kelimeleri tanıdıkça, örneğin “kedi” kelimesi için üç boyutlu bir kedi modeli, telaffuz ve kelimenin anlamı belirir. Ali, kediyi farklı açılardan inceleyip kelimeyi sesli olarak duyar. Bu sayede hem kelimenin yazılı formunu hem de görsel ve işitsel ipuçlarını bir arada işleyebilir.

- Gerçek Zamanlı Geri Bildirim: Ali kelimenin telaffuzunda zorlandığında uygulama kelimeyi yavaşlatılmış bir sesle tekrar eder veya ilk harfini vurgulayarak ek bir ipucu sunar.
- Öğrenme Kazanımları: Bu etkileşim sonunda Ali, kelimeyi daha hızlı ve doğru tanır, anlamını kavrar ve okuduğu metnin içeriğine daha iyi odaklanır. Öğretmen, uygulama istatistiklerinden Ali'nin hangi kelimelerde zorlandığını takip ederek yeni çalışma materyalleri planlar.



Şekil 1. Geliştirilmesi planlanan uygulamanın ekran görüntüsü.

Use-Case Senaryosu 2: Küçük Grup Çalışması

Bağlam: Aynı sınıfta disleksi tanısı konmuş 2-3 öğrenci, ortak bir metin üzerinde çalışma yapmaktadır. Öğretmen, öğrencilerin iş birliğini, etkileşimi ve birlikte öğrenmeyi teşvik etmek istemektedir. Adımlar:

- Materyal Paylaşımı: Öğretmen sınıfa kısa bir bilgilendirici metin dağıtır. Metin, hayvanların özelliklerini anlatan birkaç paragraftan oluşmaktadır.
- Ortak İnceleme: Her öğrenci kendi tabletini kullanarak metnin farklı bölümlerini tarar. Uygulama, her bir hayvana ait 3D model, sesli telaffuz ve kelime anlamlarını sunar.
- İş Birliğine Dayalı Öğrenme: Öğrencilerden biri, bir kelimeyi anlamakta zorlandığında diğer öğrenci aynı kelimeyi kendi cihazında inceleyerek anlamını paylaşır. Böylece öğrenciler birbirlerine rehberlik eder.
- Oyunlaştırma ve Görev Paylaşımı: Uygulama, öğrencilere takım halinde bir hedef sunar: Belirli sayıda yeni kelimeyi doğru tanıyarak bir "hayvan kütüphanesi" inşa etmek. Öğrenciler birbirlerine destek olarak bu hedefe ulaşmaya çalışır.
- Kazançlar: Bu senaryoda öğrenciler yalnızca AG tabanlı yardımla değil, aynı zamanda akran desteğiyle de kelime dağarcıklarını genişletir, metni anlama becerilerini iyileştirir ve sosyal öğrenme deneyimi yaşarlar.

Use-Case Senaryosu 3: Ev Çalışması ve Ebeveyn Katılımı

Bağlam: Disleksili öğrenci Elif, okulda öğrendiği kelimeleri evde tekrar ederek pekiştirmek istemektedir. Uygulama ev ortamında da kullanılabilir. Adımlar:

- Ödev Ataması: Öğretmen, Elif'in okuması için kısa bir metin önerir ve AG uygulamasından metnin ilgili kelime paketini seçer.
- Evde Uygulama: Elif, akşam evde tablette uygulamayı açar, metni masaya koyar ve cihazı metnin üzerine tutarak tek tek kelimeleri inceler. Her kelime için 3D model, telaffuz, anlam, örnek cümle ve isteğe bağlı ipuçları devreye girer.

- Ebeveyn Katılımı: Elif'in ailesi, uygulama üzerinden Elif'in ilerlemesini izler. Hangi kelimelerde zorlandığını, hangilerinde başarılı olduğunu görebilir. Böylece ebeveynler de sürece aktif olarak dahil olur.
- Esnek Zaman ve Mekân Kullanımı: Elif, istediği saatte ve herhangi bir fiziksel sınıra takılmadan çalışmasını tekrar edebilir. Bu esneklik, öğrenme sürecini güçlendirir.
- Uzun Vadeli Etki: Bu kullanım senaryosu, okul ve ev arasındaki öğrenme sürekliliğini sağlar. Elif, zamanla daha akıcı okur, kelime dağarcığını genişletir ve okuma becerilerinde kalıcı ilerleme kaydeder.

4. Sonuç ve Tartışma

Disleksili öğrencilerin okuma-yazma becerilerini geliştirmede teknoloji destekli araçlar önemli bir rol oynamaktadır. Metni sese dönüştürme, kelime tanımlama yazılımları, interaktif okuma programları ve mobil uygulamalar, disleksili bireylerin görsel-işitsel ipuçlarıyla desteklenmiş öğrenme süreçlerini deneyimlemelerini sağlamıştır. Bu araçlar sayesinde öğrenciler, okuma hızlarını artırabilmekte, anlama düzeylerini geliştirebilmekte ve okuma sürecinde karşılaştıkları zorlukları daha kolay aşabilmektedirler. Ancak, geleneksel teknolojik çözümler çoğunlukla iki boyutlu ekran deneyimiyle sınırlıdır ve etkileşim düzeyini artırmada yetersiz kalmaktadır. Bu noktada, artırılmış gerçeklik teknolojisi, öğrenme ortamını fiziksel dünya ile sanal unsurların birleştiği çok-duyulu ve etkileşimli bir platforma dönüştürerek önemli bir yenilik sunmaktadır. AG teknolojisi sayesinde, disleksili öğrenciler bir kelimeyi yalnızca görmekle kalmaz, aynı zamanda üç boyutlu modeller, sesli telaffuzlar ve anlam açıklamalarıyla çok yönlü bir öğrenme deneyimi yaşarlar. Bu sayede kelime tanıma, harf-ses eşleştirme ve okuduğunu anlama süreçleri daha etkili hale gelir.

Önerilen AG tabanlı okuma uygulaması, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanabilir bir öğrenme deneyimi sunarak kişiselleştirilmiş öğrenme imkanlarını genişletmektedir. Kullanım senaryoları ile gösterildiği gibi, bu tür uygulamalar bireysel çalışma, sınıf içi iş birliği ve ebeveyn katılımı gibi farklı öğrenme ortamlarında uygulanabilir. Oyunlaştırma unsurları, anlık geribildirim mekanizmaları ve ilerleme takibi gibi özellikler, disleksili öğrencilerin motivasyonunu ve okuma sürecine olan katılımını artırmaktadır. Özetle bu çalışmada, disleksili bireyler için artırılmış gerçeklik teknolojisinin okuma-yazma becerilerini geliştirmede sunduğu avantajlar ele alınmıştır. Ancak, teknolojinin eğitim süreçlerinde daha geniş bir uygulama alanına ulaşabilmesi ve disleksiyle mücadelede daha etkin çözümler sunabilmesi için gelecekte aşağıdaki araştırma alanlarına odaklanılması önerilmektedir:

- Mevcut çalışmalar genellikle kısa vadeli bulgulara dayanmaktadır. Gelecekte yapılacak uzun vadeli araştırmalar, AG tabanlı okuma uygulamalarının öğrencilerin akademik performansı, kelime dağarcığı gelişimi ve okuma hızındaki kalıcı etkilerini değerlendirmelidir. Özellikle, farklı yaş gruplarındaki disleksili bireyler üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenebilir.
- Disleksi belirtileri bireyden bireye değişiklik gösterebilir. Bu nedenle, AG tabanlı uygulamaların kişiselleştirilebilir özellikleri daha da geliştirilmelidir. Öğrencinin ilerleme durumuna göre dinamik olarak uyarlanan içerikler, bireysel öğrenme hızına uygun kelime ve cümle yapılarını otomatik olarak sunabilir.
- Yapay zeka destekli sistemlerle artırılmış gerçeklik uygulamalarının birleşimi, öğrencilerin okuma hatalarını otomatik olarak tespit ederek anlık geri bildirim sağlama kapasitesini artırabilir. Örneğin, AI algoritmaları öğrenci telaffuzlarını analiz ederek en uygun öğrenme stratejisini belirleyebilir ve öğrencilere bireysel düzeltme önerileri sunabilir.
- AG tabanlı uygulamalarda oyunlaştırma unsurlarının motivasyon üzerindeki etkisi daha ayrıntılı şekilde analiz edilmelidir. Gelecekteki çalışmalar, puanlama sistemleri, sanal ödüller ve eğitsel oyunların öğrencinin öğrenme sürecine katkılarını değerlendirerek en etkili oyunlaştırma modellerini belirleyebilir.
- AG tabanlı okuma araçlarının sadece bireysel öğrenme süreçlerinde değil, sınıf ortamında, özel eğitim merkezlerinde ve evde ebeveyn rehberliğinde nasıl uygulanabileceği araştırılmalıdır. Öğretmenler, ebeveynler ve özel eğitim uzmanlarının geri bildirimleri doğrultusunda uygulamaların etkileşim düzeyi ve kullanıcı dostu özellikleri geliştirilebilir.
- AG, görsel, işitsel ve dokunsal öğrenme unsurlarını bir araya getirerek disleksili öğrenciler için çok-duyulu bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, bu duyuşal unsurların optimal kombinasyonlarını belirleyerek öğrenme performansı üzerindeki etkilerini daha detaylı analiz etmelidir.
- AG tabanlı uygulamaların daha geniş kitleler tarafından kullanılabilmesi için teknolojik altyapı gereksinimleri, düşük maliyetli cihaz entegrasyonu ve internet bağımsız çalışabilen modeller

geliştirilmelidir. Bu sayede, özellikle dezavantajlı bölgelerdeki disleksili bireyler de bu teknolojilerden faydalanabilir.

Kaynaklar

- [1] Paulesu E, Danelli L, Berlingeri M. Reading the dyslexic brain: multiple dysfunctional routes revealed by a new meta-analysis of PET and fMRI activation studies. *Front Hum Neurosci* 2014; 8:830.
- [2] Layes S, Lalonde R, Rebai M. Effectiveness of a Phonological Awareness Training for Arabic Disabled Reading Children: Insights on Metalinguistic Benefits. *Bellaterra J Teach Learn Lang Lit* 2015; 8(4): 24-42.
- [3] Waldie KE, Haigh CE, Badzakova-Trajkov G, Kirk BJ. Reading the Wrong Way with the Right Hemisphere. *Brain Sci* 2013; 3:1060-1075.
- [4] Christodoulou JA, Murtagh J, Cyr A, Perrachione TK, Chang P, Halverson K, Hook P, Yendiki A, Ghosh S, Gabrieli JD E. Relation of white-matter microstructure to reading ability and disability in beginning readers. *Neuropsychology* 2017; 31(5): 508-515.
- [5] Azuma RT. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoper. Virtual Environ* 1997; 6(4): 355-385.
- [6] Alsowat HH. Breaking down the classroom walls: Augmented reality effect on EFL reading comprehension, self-efficacy, autonomy and attitudes. *Stud Engl Lang Teach* 2016; 5(1): 1-23.
- [7] Bacca J, Baldiris S, Fabregat R, Graf S, Kinshu. Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educ Technol Soc* 2014; 17(4): 133-149.
- [8] Blazauskas T, Gudoniene D, Virtual reality and augmented reality in educational programs. In: Linda, D. (Ed.), *New Perspectives on Virtual and Augmented Reality*, 82-94, Routledge, 2020.
- [9] Bruner JS, *The culture of education*, Harvard University Press, 1996.
- [10] Akçayır M, Akçayır G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educ Res Rev* 2017; 20: 1-11.
- [11] Buluş Kırıkkaya E, Şentürk M. The Impact of Using Augmented Reality Technology in The Solar System and Beyond Unit on The Academic Achievement of The Students. *Kast Educ J* 2018; 26(1): 181-189.
- [12] Burns N, Grove SK. *The Practice of Nursing Research: Conduct, Critique & Utilization*, Elsevier Saunders, St Louis, 2005.
- [13] Avcı AF, Taşdemir Ş. Periodic table teaching with augmented and virtual reality. *J Selcuk-Technic* 2019; 18(2): 68-83.
- [14] Chen RW, Chan KK. Using Augmented Reality Flashcards to Learn Vocabulary in Early Childhood Education. *J Educ Comput Res* 2019; 57: 1812-1831.
- [15] Vedadi S, Zaleha BA, Adrian DC. The Effects of Multi-Sensory Augmented Reality on Students' Motivation in English Language Learning. *EDUCON Conference Proceedings*; April 2019.
- [16] Abdüsselam MS, Karal H. The effect of mixed reality environments on the students' academic achievement in physics education: 11th grade magnetism topic example. *J Res Educ Teach* 2012; 1(4): 170-181.
- [17] Amaia AM, Jorge RLB, Enara AG, Estibaliz BA. An experience of the application of augmented reality to learn English in infant education. *SIIE* 2017; 1-6.
- [18] Aslan R. International competitive new possibilities: Virtual reality, increased reality, and hologram. *Journal Detail* 2017; 5(49): 21-26.
- [19] Arvanitis TN, Petrou A, Knight JF, Savas S, Sotiriou S, Gargalagos M, Gialouri E. Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal Ubiquitous Comput* 2007; 13(3): 243-250.
- [20] Azuma RT. The challenge of making augmented reality work outdoors. *Mixed Real. Virtual Worlds* 1999; 1: 379-390.
- [21] Bursali H, Yılmaz RM. Effect of augmented reality applications on secondary school students' reading comprehension and learning permanency. *Comput Human Behav* 2019; 95: 126-135.
- [22] Billinghurst M. *Augmented Reality in Education*. New Horiz. Learn. 2002; 12(5): 1-5.
- [23] Chen C. AR videos as scaffolding to foster students' learning achievements and motivation in EFL learning. *Br J Educ Technol* 2020; 51(3): 657-672.
- [24] Chiang T, Yang S, Hwang GJ. An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. *Educ Technol Soc* 2014; 17(4): 352-365.
- [25] Topaloglu F. A hybrid approach based on k-means and SVM algorithms in selection of appropriate risk assessment methods for sectors. *PeerJ Comput Sci* 2024; 10: e2198.
- [26] Topaloglu F. Development of a new hybrid method for multi-criteria decision making (MCDM) approach: a case study for facility location selection. *Oper Res* 2024; 24.4: 60.

Biyolojik Alanlarda Yapay Zeka: İnovasyonlar ve Pratik Uygulamalar

Nasrullah CELAYİR¹, Abdullah ASLAN^{2*}

^{1,2} Biyoloji-Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Fen Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

¹ ncelayir@firat.edu.tr, ^{2*} aaslan@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 27/01/2025;

Kabul/Accepted: 14/03/2025)

Öz: Yapay zekanın biyomedikal alandaki kullanımı, son yıllarda büyük bir hızla gelişen ve dönüştürücü potansiyele sahip bir alandır. Bu çalışma, yapay zekanın biyomedikal araştırma ve uygulamalardaki rolünü inceleyerek, sağlık hizmetlerinde yenilikçi çözümler sunma potansiyelini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Yapay zekanın biyomedikal alanda kullanımı, hastalıkların erken teşhisinden, tedavi planlarının oluşturulmasına kadar geniş bir yelpazede etkili olmaktadır. Biyomedikal verilerin analizi ve yorumlanmasında yapay zekanın sunduğu olanaklar, daha hızlı ve doğru teşhisler konulmasını sağlamaktadır. Özellikle makine öğrenimi algoritmaları, büyük veri setlerini analiz ederek, hastalıkların belirtilerini ve patolojik süreçlerini daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu sayede, doktorlar ve araştırmacılar, hastalıkların ilerleyişini öngörebilir ve daha etkili tedavi yöntemleri geliştirebilirler. Tıp görüntüleme alanında da yapay zekanın etkisi büyüktür. Görüntü işleme algoritmaları, röntgen, MR (Manyetik Rezonans Görüntüleme) ve CT (Bilgisayarlı tomografi) taramalarındaki anomallikleri tespit etmede yüksek doğruluk oranlarına ulaşarak, radyologların iş yükünü azaltmakta ve teşhis süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu teknolojiler, aynı zamanda, cerrahi planlama ve minimal invaziv cerrahilerin gerçekleştirilmesinde de kullanılmaktadır. Özetle bu çalışma yapay zekanın biyomedikal alanda kullanılan güncel teknolojilerini derlemeyi ve bu teknolojilerden ilham alarak yeni ve özgün kullanım alanlarını tespit etmeyi hedefler.

Anahtar kelimeler: Yapay zeka, Antibiyotik tasarımı, Sağlık hizmetleri otomasyonu.

Artificial Intelligence in Biological Fields: Innovations and Practical Applications

Abstract: The use of artificial intelligence in the biomedical field is a field that has developed rapidly and has transformative potential in recent years. This study aims to reveal the potential of artificial intelligence to offer innovative solutions in healthcare by examining its role in biomedical research and applications. The use of artificial intelligence in the biomedical field is effective in a wide range of areas from early diagnosis of diseases to the creation of treatment plans. The opportunities offered by artificial intelligence in the analysis and interpretation of biomedical data enable faster and more accurate diagnoses. Machine learning algorithms, in particular, help us better understand the symptoms and pathological processes of diseases by analyzing large data sets. In this way, doctors and researchers can predict the progression of diseases and develop more effective treatment methods. Artificial intelligence also has a great impact on the field of medical imaging. Image processing algorithms reach high accuracy rates in detecting abnormalities in X-ray, MRI (Magnetic Resonance Imaging) and CT (Computed Tomography) scans, reducing the workload of radiologists and accelerating diagnostic processes. These technologies are also used in surgical planning and minimally invasive surgeries. In summary, this study aims to compile current technologies used in the biomedical field of artificial intelligence and to identify new and unique areas of use inspired by these technologies.

Key words: Artificial intelligence, Antibiotic design, Healthcare automation.

1. Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hayata geçmesi, toplumun her alanında veri üretiminin katlanarak artmasına yol açmıştır. Bu devasa veri üretiminin işlenmesi için son dönemlerde revaçta olan yapay zeka teknolojisi kullanılmaktadır. Yapay zeka (AI), insanlarda akıllı davranışlar üreten mekanizmaları analiz ve deşifre eden, daha sonra bu davranışları aynı mekanizmalarla makinelerde yeniden üreten bilgisayar biliminin dalıdır [1]. Yapay zeka, veri madenciliği, modelleme ve makine öğrenmesi tekniklerinin birleşimini kullanarak çalışmaktadır. Makine zekası olarak da adlandırılan yapay zeka, bilgisayar sistemlerinin girdilerden veya geçmiş verilerden öğrenme yeteneği anlamına gelmektedir. Yapay zeka terimi, bir makinenin öğrenme ve problem çözme sırasında insan beyniyle ilişkili bilişsel davranışı taklit etmesi durumunda yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Yapay zekadaki gelişmeler 1943'te başlamış ancak "yapay zeka" terimi 1956'da John McCarthy tarafından Dartmouth'ta düzenlenen bir konferansta oluşturulmuştur [3]. Bununla beraber yapay zekanın genel olarak robotların icadıyla başladığı kabul edilmektedir. Çekçe'de robota olarak yazılan robot kelimesi, edebiyata yazar Karel Capek'in

* Sorumlu yazar: aaslan@firat.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0009-0006-9391-1613, ² 0000-0002-6243-4221

1921’de yazdığı “RUR” (Rossum’un Evrensel Robotları) adlı oyunuyla kazandırılmıştır. Biyosentetik makinelerin zorla çalıştırıldığı bir fabrikayı simgelemektedir. Geçen yüzyılın ortalarında Isaac Asimov, modern bilimkurguya ait kısa öykülerden oluşan bir koleksiyonda "robot" kelimesini ölümsüzleştirmiştir. Bununla birlikte, insansı bir otomattan ilk söz, Çin’de üçüncü yüzyıla, makine mühendisi Yan Shi’nin Zhou İmparatoru Mu’ya deri, ahşap ve yapay malzemelerden yapılmış insan şekilli mekanik el işi bir figür sunduğu zamana kadar uzanabilmektedir [4].

Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de Makine öğrenimi konusunda, özellikle II.Dünya Savaşından sonra çeşitli yazılar kaleme alınmıştır. Bu yazarların öncülerinden biri Ord. Prof. Dr. Cahit Arf’tır. Cahit ARF, “MAKİNE DÜŞÜNEBİLİR Mİ VE NASIL DÜŞÜNEBİLİR?” adlı çalışması 1959 yılında yayımlanmıştır. Çalışmada Cahit ARF, düşünme eylemini elle dokunulabilen ve gözle görülebilen, sonuçları farklı etkilerle sahip ve bu sonuçları da ifade edebilmek ile bağdaştırır. Bu düşüncenin neticesinde basit makinelerin bile düşünebildiğini ve muhakeme edebileceğini belirtir. Bu kanıya varmak için insan beyninin işleyişini açıklamıştır. İnsan beynine gelen bazı komutlara karşılık, bazı sonuçlar meydana gelir. Örnek olarak telefon ve saati belirtir. Bu basit makinelerin dilleri farklı olsa da temelde bir komuta karşılık, sonuç çıkarır. Alarmı sabah 4’e kurduğunuzda saatin size ‘uyan’ demesinin bizdeki anlayışı alarm sesidir. Telefon için de benzer komutlar geçerlidir.[5]

Cahit ARF bu örneklerden yola çıkarak makine öğrenmesini insan beyninin işleyişine benzetmeye ve farklılıklarını görmeye odaklanmıştır. Bu odağın sonucunda makine öğrenmesinin, insan gibi düşünebileceğini belirtmiştir. Sayın ARF çalışmasında gelecekteki makine öğrenimi teknolojisine umutla bakarak günümüzde yaygınlaşan yapay zeka teknolojisine yakın bir tanımda bulunmuştur.

Makine öğrenimi, sinir ağları ve derin öğrenme, yapay zekanın alt kümeleridir. Makineler, algoritmalar oluşturmak için veriler aracılığıyla öğrenebilir ve bu şekilde tahmin problemlerini insan yardımı olmadan çözebilmektedirler [3]. Günümüzde yapay zeka, karmaşık zorlukları çözmek için yeni konseptler ve yeni çözümler uygulayan bir mühendislik dalı olarak kabul edilmektedir. Elektronik hız, kapasite ve yazılım programlamada devam eden ilerlemeyle birlikte bilgisayarlar bir gün insanlar kadar akıllı olabilir. Çağdaş sibernetiğin yapay zekanın gelişimine yaptığı önemli katkı göz ardı edilememektedir [4].

2. Yapay Zekanın Kullandığı Teknolojiler

Makine Öğrenmesi, Bilgisayarların verileri öğrenmesi ve daha sonra bunları yorumlaması için kullanılan bir teknolojidir [6]. Makine Öğrenmesi, örnekler ve deneyimler yoluyla sağlanan bilgilerdeki kalıpları tespit ederek bir sistemin öğrenmesini veya başka bir deyişle davranışlarını genelleştirmesini sağlayan verileri, analiz etmek için algoritmalar inceleyen ve geliştiren, bilimsel bir disiplindir. Makine Öğrenmesi sistemleri, ortaya çıkabilecek durumları tahmin etmeye dayalı olarak özerk kararlar verebilir, ancak bunu yapmak için büyük miktarda veriye ihtiyaç duymaktadır [7]. Makine öğrenimi halihazırda çeşitli alanlarda ve üretimlerde kullanılıyor. Bilgisayar algoritmalarının, programcılar tarafından oluşturulan belirli talimatlara ve kurallara dayanarak çok büyük miktarda veriyi izleyebildiği ve bunları bilgi ve hizmetlere göre sınıflandırabildiği yaygın olarak bilinmektedir [8].

Makine öğrenimi, bilgisayarların açık programlama olmadan öğrenmesini sağlayan ve büyük miktarda veri ve hedef/hedefler girilmesini içeren bir yapay zeka alt kümesidir, böylece istenen görevi/görevleri gerçekleştirir [9].

Daha ileri bir alt küme, insan beynine göre modellenmiş yapay sinir ağlarını kullanan ve daha karmaşık görevlere izin veren derin öğrenme olarak bilinir. Derin öğrenme teknolojisi, konuşma tanıma, görüntü tanıma, nesne algılama ve diğer birçok alanda son teknolojiyi kullanan yapay zeka modelidir. Derin Öğrenme, özellikle yüksek hacimli ve boyutlu verileri içeren karmaşık görevlerde mükemmeldir. Ancak, geleneksel Makine Öğrenmesi yaklaşımlarından hesaplama bakımından daha zorlayıcıdır ve işleme katmanlarının çoğu insan kullanıcıdan gizli kaldığından, model yorumlanabilirliği ve hesap verebilirliği konusunda yeterli şeffaflığa sahip değildir [10].

Sinir ağları teknolojisi, insan beyninin bilgi işleme tekniğinden esinlenerek geliştirilmiş bir teknolojidir. Veri işleme ve bilgi gösterimi için paralel hesaplamalar yapabilen ‘nöronlar’ adı verilen son derece birbirine bağlı bilgisayar işlemcilerinden oluşan ağlardan oluşurlar. Tarihsel örneklerden öğrenme, doğrusal olmayan verileri analiz etme, kesin olmayan bilgileri işleme ve modelin bağımsız verilere uygulanmasını sağlayan genelleştirme yetenekleri onları tıp alanında çok çekici bir analitik araç haline getirmiştir [11].



Şekil 1. Yapay zeka diyagramı [1].

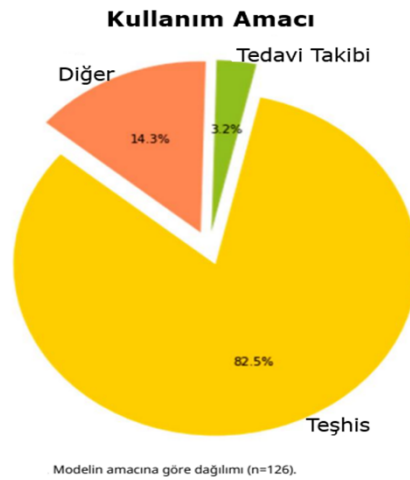
Şekil 1’deki venn şemasında yapay zekanın kullandığı teknolojilerin kronolojik sıralaması verilmektedir. En güncel olanı Derin öğrenme yöntemidir.

Makine öğrenimi, genellikle daha az hesaplama gücü gerektirir ve daha basit veri setleri ile çalışabilir, bu da hızlı ve etkili çözümler sunmasını sağlar. Ancak, karmaşık ve çok boyutlu veri setlerinde performansı sınırlı olabilir. Sinir ağları ve özellikle derin öğrenme, bu karmaşıklığı yönetebilme yetenekleri ile öne çıkar. Derin öğrenme, büyük veri setlerinde üstün performans gösterir ve görüntü tanıma, doğal dil işleme gibi alanlarda çığır açıcı sonuçlar üretir. Ancak, bu süreçler yüksek hesaplama gücü ve büyük miktarda veri gerektirir, bu da maliyetli ve zaman alıcı olabilir [12]. Özetle yapay zekanın kullandığı teknolojiler zamanla değişip gelişmektedir. Bu teknolojilerin günlük hayata entegrasyonu için zamana ihtiyaç vardır. Ancak bazı alanlarda yapay zeka entegrasyonu hali hazırda yapılabilmektedir. Bu alanlar şöyle sıralanabilir:

Yapay zeka finans sektöründe finansal verileri analiz ederek şirketlerin yatırım kararlarını desteklemektedir. Savunma sanayisinde insansız hava araçları ve füze sistemlerinin yönetimi için kullanılmaktadır. Sağlık alanında ise kanser taraması, tıbbi görüntüleme ve tanı koymak için kullanılabilmektedir [12].

3. Sağlık Alanında Yapay Zeka Kullanımı

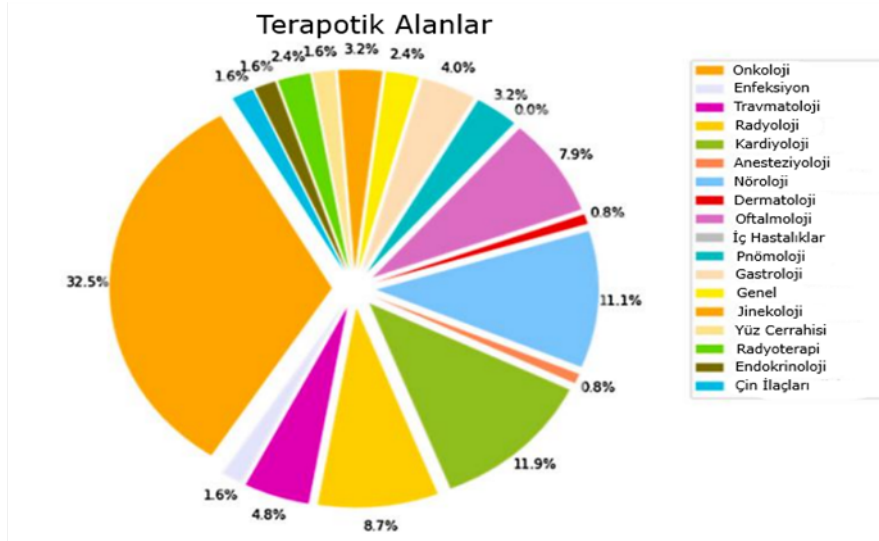
Sağlık alanında olduğu gibi diğer alanlarda da büyük miktardaki verinin uygun şekilde entegrasyonu, analizi ve bu analizlerin değerlendirilmesi, geleneksel istatistiksel araçlarla oldukça zaman alıcı bir süreçtir [13]. Hem zamandan hem de enerjiden tasarruf etmek için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlarda en güncel olanı yapay zekadır. Tıbbi alanda, yapay zeka tekniklerinin en çok kullanıldığı alanlar görüntü tanısı, biyomedikal ve klinik verilerin analizi ve sınıflandırılmasıdır [1].



Şekil 2. Yapay zeka modellerinin sağlık alanında kullanım amacına göre dağılımı [1].

Şekil 2’de belirtilen daire grafiğine göre teşhis, yapay zekanın kullanım amacına göre en fazla yüzdeye sahiptir. Bunun sebebi öncelikle teşhis verilerinin diğer alanlardaki verilerden daha anlaşılır olmasıdır. Çoğu röntgen ve tomografi görüntüleri titizlik ve dikkatle oluşturulduğu için elde edilen veriler, yapay zeka modeline daha kolay entegre olur.

Bir başka sebep olarak insanların ön yargı ve korkuları söylenebilir. Bu teknoloji henüz başlangıç aşamasında olduğu için hem hastalar hem de doktorların bazı çekinceleri oluşmaktadır. Teşhis alanı diğer alanlara göre nispeten daha fazla hata yapma lüksüne sahiptir. Çünkü doktorlar son kararı yine kendileri verir ve yapay zekayı sadece alternatif olarak kullanabilir. Bunun aksine, üretken modeller molekülleri sıfırdan oluşturur ve moleküler parçaları, istenen özelliğe sahip daha büyük moleküller halinde birleştirir.



Şekil 3. Yapay zekanın tıpta uygulanabilirlik alanlarına göre dağılımı [1].

Şekil 3’de belirtilen daire grafiğine göre onkoloji ve nöroloji alanları diğer alanlara göre daha fazla uygulanabilir. Çünkü bu alanlarda yapılan çalışmalar ve projeler diğer alanlardan çok daha fazladır. Özellikle moleküler biyoloji ve genetik bölümü, kanser ve tümör araştırmaları üzerine oldukça fazla araştırma yapmaktadır.

Yapay zeka, ne kadar veri ve data varsa o kadar doğru kararlar verecektir. Ancak bu alanlarda çalışmak doğrudan insan sağlığını etkilediği için hem yapay zeka modelinin riskleri olabilir hem de etik riskler barındırabilir. Bu modeller radyoloji alanında lezyonların sınıflandırılması, görüntü segmentasyonu veya tıbbi testlerdeki anormalliklerin tespiti gibi görevlerde kullanılmaktadır [14].

4. Yapay Zekanın Yeni Antibiyotikler Tasarlaması ve Doğrulaması

Her yıl dünya çapında antibiyotik direncine bağlı yaklaşık 5 milyon ölümün yaşandığı göz önüne alındığında, hiçbir klinik ajana karşı duyarlılığı bulunmayan dirençli bakteri (Pandrug resistant) türleriyle mücadele etmenin yeni yollarına acilen ihtiyaç duyulmaktadır [15].

Hali hazırda kullanılan yöntemlerin molekülleri tek tek değerlendirmesi gibi önemli bir sınırlaması vardır. Bu da büyük kimyasal alanlar için zaman alıcıdır [16]. Bunun aksine, üretken modeller molekülleri sıfırdan oluşturur ve moleküler parçaları, istenen özelliğe sahip daha büyük moleküller halinde birleştirir.

Bu üretken modellerin klinik anlamda en güncel örneği, Kyle Swanson ve arkadaşları tarafından oluşturulan SyntheMol adlı yapay zeka programıdır. Kyle Swanson, SyntheMol’u kullanarak, bilinen reaktivitelere sahip yaklaşık 132.000 moleküler yapı bloğunu ve 13 iyi doğrulanmış kimyasal sentez reaksiyonunu kullanarak yeni bileşikleri bir araya getirmiştir. Bu yeni bileşikleri 9 saatten daha kısa bir sürede hazırlamıştır. Sentez başarı oranları 3-4 hafta içinde %80’in üzerindedir. Sentezlenen bu bileşikleri klinik ortamda değerlendirmek için *Acinetobacter baumannii*’yi kullanmışlardır.

Pandrug resistant bakterilerinden biri olan Gram-negatif *Acinetobacter baumannii*, klinik ortamlarda oldukça külfetlidir ve Dünya Sağlık Örgütü’ne göre kritik bir önceliğe sahiptir. *Acinetobacter baumannii* idrar yolu

enfeksiyonları, yara enfeksiyonları ve menenjit dahil olmak üzere çok çeşitli enfeksiyonlara neden olan bir patojendir [15].

Kyle Swanson, SyntheMol'u Acinetobacter baumannii'ye karşı antibiyotik aktivitesi olan moleküller tasarlaması için programlamıştır. Üretilen 58 moleküllü sentezleyip deneysel olarak doğrulamıştır. Bunlardan altısı Acinetobacter baumannii'ye ve filogenetik olarak çeşitli diğer bakteriyel patojenlere karşı güçlü aktivite göstermiştir. Daha sonra üretilen bileşikler sentezlemeyi ve biyoaktivitelerini doğrulamayı hedeflemişlerdir. 150 bileşiğin 70'i Enamine şirketinden diğer 80 bileşiği Chemprop şirketinden temin etmişlerdir. Sentezlenen bu 58 molekül, eğitim seti için kullanılan ve aynı tür olan Acinetobacter baumannii ATCC 17978'e karşı büyüme inhibisyonu analizleri gerçekleştirerek doğrulamışlardır. AB17978, dizilenen ilk A. baumannii suşudur. Bu yüzden vereceği reaksiyonları en iyi bilinen suştur.

5. Pandemi ile Mücadelede Yapay Zekanın Rolü

COVID-19 virüsünün son derece bulaşıcı olduğu iyi bilinmektedir. COVID-19 gibi salgın durumlarında robotlar, virüs bulaşan hastalara gerekli olanakları sağlayarak temassız bir rol oynayabilmekte ve hasta-doktor arasında aracı görevi görebilmektedir [17].

İhtiyaçları karşılamaya göre çeşitli robot türleri geliştirilmiştir. Silindirik şekilli robotlar, solunum cihazındaki COVID-19 ile enfekte hastaların sıcaklığını, kan basıncını ve oksijen saturasyonunu kontrol etmelerine yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır.

Dikey olarak dönecek şekilde tasarlanan robot türleri ise hastane içerisinde hareket ederek UV ışınlarıyla hastanenin iç mekanlarını dezenfekte edebilmektedir.

Uçma yeteneğine sahip dronlar (İHA) ise kalabalık içinde semptomlar sergileyen bireyleri belirleyip virüsün bulaşma riskini değerlendirme konusunda ilgili departmanlara veri aktarabilmektedir. Bazı uzaktan kumandalı dron türleri de bulaşıcı örnekleri test amacıyla dış laboratuvarlara taşıyabilmektedir. [18]

6. Covid-19 Aşısının Geliştirilmesinde Yapay Zeka Kullanımı

Etkili terapötiklerin ve ilaçların yokluğu, COVID-19 gibi bulaşıcı hastalıkların kontrol edilmesini ve ortadan kaldırılmasını son derece zorlaştırmıştır. Bu zorluğu aşmak için alternatif bir yol olarak yapay zeka kullanılabilir. Yapay zeka, proteinlerin yapısını ve bağlanma yerlerini öğrenerek yeni ilaçların keşfi için alternatif bir yol sunmaktadır [18]. Örneğin, Derin Öğrenme Yöntemi kullanılarak AlphaFold adlı yapay zeka algoritması, COVID-19'a bağlı proteinlerden 3a (yapısal protein), nsp 2, nsp 4 ve nsp 6 (yapısal olmayan proteinler)'nin membran yapılarını başarıyla tahmin edebilmektedir. [19]. Bir başka örnek olarak Arora ve arkadaşları potansiyel COVID-19 aşı adaylarını tahmin etmek için Vaxign-ML isimli makine öğrenmesi algoritmasını kullanmıştır.[20] Kassani ve arkadaşları, COVID-19 enfeksiyonuna uğramış bireylerin halka açık göğüs röntgenlerinin veri setini kullandılar. Bu veri setindeki deneysel sonuçlar, yapay zeka tarafından eğitilen modellerin sınıflandırma doğruluğu açısından %99,00'lık gibi çok yüksek doğruluk oranında tahmin ürettiğini göstermektedir [21].

Barstugan ve arkadaşları, derin öğrenme yöntemini kullanarak otomatik COVID-19 sınıflandırması için Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntülerini analiz ettiler. Sınıflandırma performansını değerlendirmek için duyarlılık, özgüllük, doğruluk, kesinlik ve F puanı metrikleri kullandılar, sınıflandırma doğruluğu %99,68 olarak elde edildi [22].

Yeni COVID-19 mutasyonlarıyla başa çıkma konusunda da Yapay zeka yöntemleri etkili bir rol oynamıştır. Bu, pandeminin seyrini değiştirmek ve gelecekteki tedbirleri planlamak için önemli bilgiler sağlayabilir.

7. Covid-19'un Gelişim Sürecinde Görülebilecek Muhtemel Yapay Zeka Eksiklikleri

Yapay zekanın COVID-19 salgınında teşhis aracı olarak kullanımı henüz başlangıç aşamasındadır. Sistemin Derin Öğrenme konusunda eğitilebilmesi için yüksek kaliteli bilgisayarlı tomografi taramalarına ve göğüs röntgeni veri setlerine ihtiyaç vardır.

Ancak pandemi ortamında bu veri setlerini sistematik bir şekilde toplamak oldukça zordur. Daha az radyasyona maruz kalarak yüksek kaliteli fotoğraf toplamak için otomatik görüntü toplama sistemlerinin gerçek zamanlı tanıma güvenilir ve doğru olması gerekir [18]. Teşhis verilerinin paylaşılması için kişilerin iş birliği ve katılımcı kuruluşlara duyulan güven gereklidir. Yapay zeka esas olarak veri odaklı olduğundan, veri setlerinin özgün ve özel olmasını sağlamak kolay olmayabilir [23].

Robota bağlı bazı numune alma yöntemleri, enfekte hastalarla ve sağlık profesyonelleriyle teması uzak tutabilse de hala bir personele ihtiyaç vardır. Bu nedenle bağımsız bir süreç elde etmek için bilgisayarlı görme gibi birçok çalışmanın entegre edilmesi gerekir [18].

13 Mayıs 2024 tarihinde tanıtılan Chat-GPT 4o Yapay zeka modeli bu entegrasyonu sağlama kapasitesine sahiptir. Ekran üzerinden ve dahili kamerası aracılığıyla algıladığı görüntü ve videoları yorumlayabilen Chat-GPT 4o, insan gücü gerektirmeyen numune alma gibi işlemleri gerçekleştirebilir. Birçok durumda güvenilirliğin kesin olması gerekir. Sensör teknolojisi ve robotun altında yatan parçalar geliştirilmelidir. UV dezenfeksiyon robotlarının en belirgin zorlukları mesafe-güç sorunlarıyla ilgilidir. Delik veya boşluk bulunan bazı yerlerde robotla ilaçlama, ulaşılmadığından dolayı işlevsel olmayabilir. UV ışığından açık alanlarda veya gizli yerlerde yararlanılmayacaktır. Dronlar, batarya gücüne bağlı olarak şiddetli yağmur veya aşırı rüzgâr durumlarında uçamamaktadır. Bu durumda uyduya bağlı konumlandırma sistemlerine güvenmektedirler. Fakat hava koşulları bu veri akışını engellediğinde dronlar istenildiği gibi performans veremeyebilirler. [18]

8. Crispr-Cas Dizilerini Modelleyerek Son Derece İşlevsel Genom Editörlerinin Tasarımı

Streptococcus pyogenes'ten (SpCas9) yaygın olarak elde edilen Cas9 nükleazı gibi tek proteinli CRISPR-Cas efektörleri, basitlikleri, sağlamlıkları ve kompakt formları nedeniyle biyoteknolojide sıklıkla kullanılmaktadır. Mikroplardan elde edilen CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats) tabanlı gen editörleri güçlü olsa da insan hücreleri gibi ortamlarda çalışırken işlevsel değişimler sergileyebilmektedirler [24]. Yapay zeka destekli araçlar, bu kısıtlamaları aşabilecek güçlü bir alternatif olarak görmektedir.

CRISPR araçlarını çeşitlendirmek ve düzenleme yeteneklerini genişletmek için çeşitli platformlarda yeni sistemler üretilmektedir. Bu yeni sistemler, biyoakışkanlarda küçük boyut veya genişletilmiş protein stabilitesi gibi spesifik özellikler için araştırılmıştır [25]. Bu sistemlerin erişimi hedef hücrelerdeki bazal aktivite, PAM seçiciliği, termal optimum ve in vitro biyokimyasal özellikler yüzünden sınırlanmaktadır [26]. Bu sistemler yönlendirilmiş evrim ve yapı güdümlü mutajenez dahil olmak üzere bir dizi protein mühendisliği yaklaşımı kullanarak biyoteknoloji için optimize edilmiştir. Bu mühendislik yaklaşımları yapay zekanın faydalandığı dil modellerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte, bu yaklaşımların her ikisi de, ya rasyonel mutajenez için mekanik anlayış biçiminde ya da basit bağlanma etkileşimlerinden daha karmaşık işlevler için elde edilmesi zor olan hesaplamalı tasarım için açık yapısal hipotezlere bağlıdır [24].

Jeffrey ve arkadaşları, yapay zeka ile tasarlanmış programlanabilir bir gen düzenleyiciyle insan genomunun hassas bir şekilde düzenlenmesini sağlamak için biyolojik çeşitlilik konusunda eğitilmiş büyük dil modellerini ilk kez başarılı bir şekilde (LLMs) kullanmışlardır. Dil modelleri, çeşitli protein dizilerinden oluşan geniş setler üzerinde önceden eğitilirken yapıyı ve işlevi temsil etmeyi öğrenir. Bu modellerin daha sonra ince ayarlanması, ailelerinin işlevsel kısıtlamalarına bağlı olarak dizi alanında önemli ölçüde farklılaşan yeni proteinler üreterek sağlanır [24].

Bu çalışmada yapılan ince ayar SpCas9'un N-terminal segmentini veya C-terminal PAM etkileşimli alanını kullanarak yapılmaktadır. Bu ince ayar sonucunda 200.000 ve 150.000 Cas9 benzeri proteinin üretilmesiyle sonuçlanmıştır. Bu yaklaşım, bilinen herhangi bir doğal proteine göre %31'e kadar daha düşük dizi özdeşliklerine sahip fonksiyonel lizozimlerin tasarımı yoluyla doğrulanmıştır.

Bununla birlikte, bu stratejinin, CRISPR-Cas efektörleri gibi çoklu karmaşık işlevlere sahip protein aileleri için ne kadar iyi performans gösterdiği henüz bilinmiyor [24]. Bu amaçla günümüz itibarıyla, CRISPR ile ilişkili (Cas) proteinler, CRISPR dizileri, tracrRNA'lar ve protospacer bitişik motifleri (PAM'ler) dahil olmak üzere seçilmiş en kapsamlı CRISPR operonları veri kümesini oluşturmak için kapsamlı veri madenciliği gerçekleştirmişlerdir.

Bu araştırma için kullanılan veri seti, 26 terabazlık bir araya getirilmiş genom ve meta-genomlardan çıkarılan bir milyondan fazla CRISPR operonundan seçilmiştir. Bu kaynağa CRISPR-Cas Atlası adını vermişlerdir. 1.246.163 CRISPR-Cas operonunu ortaya çıkarmak için bu CRISPR-Cas Atlasını kullanmışlardır. Çalışma, doğada bulunan CRISPR-Cas aileleri arasında 4,8 kat daha fazla protein kümesi oluşturup Cas9 benzeri efektör proteinler için tek kılavuzlu(single-guide) RNA dizilerini uyararak modeller oluşturmuştur. Üretilen Tip II efektör proteinlerin, bilinen herhangi bir doğal proteinden yüzlerce mutasyon uzakta olmasına rağmen, insan hücrelerinde fonksiyonel gen düzenleyicileri olarak bir araya gelebildiğini göstermişlerdir [24].

Jeffrey, insan hücrelerinde fonksiyonel analiz için 209 Cas9 benzeri protein seçmişlerdir ve üç hedef bölgede geniş bir düzenleme verimliliği yelpazesi gözlemlemişlerdir; bazı Cas9 benzeri proteinler, SpCas9'a eşit veya daha yüksek aktivite göstermiştir. Seçilen Cas9 benzeri proteinlerin daha ileri karakterizasyonu, bazılarının SpCas9'dan daha iyi performans göstermesiyle birlikte, yüksek düzenleme verimliliği ve özgülüğünü ortaya çıkarmıştır.

Bildiğimiz kadarıyla bu, insan genomunun tamamen makine öğrenimi ile tasarlanmış proteinler tarafından başarılı bir şekilde düzenlenmesini temsil etmektedir. Örnek bir editör olan OpenCRISPR-1'i kapsamlı bir şekilde karakterize etmek ve onun yüksek işlevselliğini ve özgüllüğünü öne sürmektedir. OpenCRISPR-1'i araştırma ve ticari uygulamalarda geniş etik kullanıma açık olarak sunulmaktadır.

9. Makale Yazımı ve Yayımlanmasında Yapay Zekanın Rolü

YÖK 2024'te üretken yapay zeka kullanımına dair etik bir rehber yayınladı. Bu rehber göre; yapay zeka, makale yazımında birçok farklı şekilde kullanılabilir:

- Literatür taraması
- Kaynakların düzenlenmesi
- Dilbilgisi ve yazım kontrolü
- Çeviri

Bu işlerin yapay zekaya uygulanması durumunda dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır:

1. Yapay zekaya uygulatılan bu işlemlerin araştırmacılar tarafından dikkatli ve özenli bir biçimde gözden geçirilmesi ve hataların düzeltilmesi gerekmektedir.
2. Bağlamsal tutarlılığın sağlanması gereklidir.
3. Yapay zeka sistemlerinin eğitildiği modeller, eğitiminde kullanılan veri kaynakları ve çalışma mantığı tamamen kontrole açık olmamaktadır. Bu nedenle yapay zeka ile üretilen bilginin yanlış veya taraflı olabileceği gerçeği göz ardı edilmemelidir.
4. Ortaya çıkan yapay zeka ürününün (resim, metin, ses, görüntü, karar, kod, sonuç) yasal ve etik açıdan sorumluluğunun alınması gereklidir.

Yapay zeka tarafından üretilmiş görsel, metin, ses vb. kullanımı, bilimsel çalışmalarda açıkça belirtilmiş olsa da etik riskler taşıyabilir. Yapay zeka, bir çalışmanın nihai sorumluluğunu bir araştırmacı gibi üstlenemeyeceği için, bilimsel çalışmalarda yazar olarak yer alamaz. Yapay zekanın kullanım amacı hipotez geliştirme, tartışma, yorumlama ve uygulama gibi üst düzey beceri, deneyim ve uzmanlık gerektiren aşamaları kapsamamalıdır.

- Veri Analizinde Yapay Zeka Kullanımı Etik Açından Uygun Mudur?

Kullanıcının kendi eğittiği modeli veri analizinde kullanması etik açıdan uygundur. Ancak, hazır bir yapay zeka sistemi kullanılıyorsa, veri analizinde kullanılan yöntemlerin etik sorunlara yol açabileceği dikkate alınmalıdır.

- Yapay Zeka Kullanımı Etik Kurula Bildirilmeli Midir?

Etik Kurulu başvurusunda yapay zeka kullanımı hakkında kurula gerekli bilgiler sağlanmalıdır. Bu bağlamda, araştırma protokolünde yapay zekanın kullanım amacı, kapsamı, niteliği hakkında detaylı bilgi verilebilir.

1) Akademik araştırma ve okumalarda zamandan tasarruf etmek amacıyla kullanılacak yapay zeka destekli bir araç olan Bilge 1074 AI (Artificial Intelligence), 18 Temmuz 2024 tarihine kadar deneme erişimine açılmıştır. Bilge 1074, sitesine eklenen bir veya birden fazla araştırma dosyasını saniyeler içerisinde analiz edebilmekte, özetleyebilmekte, sorulara cevap verebilmekte, giriş tartışma ve sonuç bölümlerini sentezleyebilmektedir. Ayrıca makalenin yazım hatalarını bulabilmektedir [27].

2) ChatGPT-4o'nun bir aracı olan Journal Finder, yazılan makalelerin içerik olarak hangi dergilere gönderilebileceğini belirtir. Sisteme yüklenen makaleyi baştan sona tarar. Anahtar kelimeleri verir ve sizden anahtar kelimeleri onaylamasını ister. Onayladıktan sonra makalenizin tahmini etki değerini belirtip makale içeriğine göre dergi isimlerini önerir.

SONUÇ

Yapay zeka teknolojisinin etkisi, gelecekte daha da genişleyerek hayatın her alanına yayılacaktır. Doğru kullanıldığında insan hayatını kolaylaştıracak ve kalitesini artıracak bir teknoloji olacaktır.

- Verimlilik

Yapay zeka teknolojileri sayesinde, birçok iş süreci hızlandırılarak verimlilik artırılacak ve zamandan tasarruf sağlanacaktır.

- Doğruluk

Yapay zeka sistemleri, hata payını minimuma indirerek daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar.

- Otomasyon

Yapay zeka teknolojileri, insan faktörünü elimine ederek işin otomatize edilmesine yardımcı olur.

Yapay Zeka'nın Barındırdığı Riskler

- Gözetim ve mahremiyet gibi konularda riskler oluşabilir. Seçim döneminde medyada ses getiren siyasi liderlerin sahte videoları yapay zeka ile yapıldı.
- 09.06.2024 tarihinde yapılan AYT sınavında kopya çekilmeye çalışıldı. Aday soruları yapay zekaya okutarak cevaplandıracaktı.
- İşsizlik ve eşitsizliğe neden olabilir.

Yapay Zeka'nın Barındırdığı Etik Sorunlar

- Yapay zeka, suçlu olanları doğru tespit etmek için kullanılmalı mı?
- Yapay zeka, insan yerine karar verirse ne olur?
- Yapay zeka ve insan hakları arasında bir bağlantı var mıdır?

Bilgi

Bu derleme Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bünyesinde Biyoloji Bölümü, Moleküler Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans semineri olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Nogales A, Garcia-Tejedor, A J, Monge, D, Vara J S, & Anton, C. A survey of deep learning models in medical therapeutic areas. *Artif Intell Med* 2021; 112, 102020.
- [2] Gupta, R, Srivastava, D, Sahu, M, Tiwari, S, Ambasta, R K, Kumar, P. Artificial intelligence to deep learning: Machine intelligence approach for drug discovery, *molecular diversity* 2021; 25: 1315-1360.
- [3] Ossowska, A, Kusiak, A, Świetlik D. Artificial intelligence in dentistry-narrative review. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19(6), 3449.
- [4] Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine. *Metab Clin Exp* 2017; 69: 36-40.
- [5] Arf C, Makine Düşünebilir Mi ve Nasıl Düşünebilir? Atatürk Üniversitesi – Üniversite Çalışmalarını Muhite Yayma ve Halk Eğitimi Yayınları Konferanslar Serisi No: 1, 1959, Erzurum, s. 91-103
- [6] Janiesch C, Zschech P, Heinrich K, Machine learning and deep learning. *Electron Mark* 2021; 31: 685-695.
- [7] Domingos PM. A few useful things to know about machine learning. *Commun ACM* 2012; 55(10): 78-87.
- [8] Keskinbora K H. Medical ethics considerations on artificial intelligence. *J Clin Neurosci* 2019; 64: 277-282.
- [9] Grech V, Cuschieri S & Eldawlatly A. Artificial intelligence in medicine and research - the good, the bad, and the ugly. *Suudi J Anaesth* 2023; 17(3): 401-406.
- [10] Anastasia A, Robert C. Artificial intelligence, machine learning and deep learning: Potential resources for the infection clinician. *J Infect*, 2023; 87 (4): 287-294.
- [11] Ramesh A N, Kambhampati C, Monson, J R, & Drew, P J. Artificial intelligence in medicine. *Ann R Coll Surg Engl* 2004; 86(5): 334-338.
- [12] Domingos PM. A few useful things to know about machine learning. *Commun ACM* 2012; 55(10): 78-87.
- [13] Yıldırım O, Pławiak P, Tan R S, Acharya U R. Arrhythmia detection using deep convolutional neural network with long duration ecg signals, *Comput Biol Med* 2018; 102: 411-420.
- [14] Zhuge Y, Ning H, Mathen P, Cheng J Y, Krauze A V, Camphausen K, Miller R W. Automated glioma grading on conventional mri images using deep convolutional neural networks. *Med Phys* 2020; 47 (7): 3044-3053.
- [15] Swanson K, Liu G, Catacutan D B, Arnold A, Zou J & Stokes J M. Generative ai for designing and validating easily synthesizable and structurally novel antibiotics, *Nat Mach Intell* 2024; 6(3): 338-353.
- [16] Camille B, Wengong J, Tommi J, Regina B and Klavs F J. Generative models for molecular discovery: Recent advances and challenges. *WIREs Comput Mol Sci* 2022; 12(5), e1608.
- [17] Denecke K and Baudoin C R. A review of Artificial intelligence and robotics in transformed health ecosystems. *Front Med* 2022; 9, 795957.
- [18] Ashique S, Mishra N, Mohanto S, Garg A, Taghizadeh-Hesary F, Gowda B H J, Chellappan D K. Application of artificial intelligence (AI) to control COVID-19 pandemic: Current status and future prospects, *Heliyon* 2024; 10(4), e25754.
- [19] Gulamali F, AlphaFold algorithm predicts COVID-19 protein structures, *InfoQ* 2020, 2 (4).
- [20] Arora I, Kummer A, Zhou H, Gadjeva M, Ma E, Chuang Y, Ong E. mtX-COBRA: Subcellular localization prediction for bacterial proteins. *Comput Biol Med* 2024; 171,108114.
- [21] Kassania S H, Kassanib P H, Wesolowskic M J, Schneidera K A, Detersa R. Automatic detection of coronavirus disease (COVID-19) in X-ray and CT images: A machine learning based approach. *Biocybern Biomed Eng* 2021; 41(3): 867-879.
- [22] Barstugan M, Ozkaya U, Ozturk S. Makine öğrenimi yöntemleriyle BT görüntüleri kullanılarak koronavirüs (COVID-19) sınıflandırması. *arXiv ön baskısı* 2020; 2003.09424 .
- [23] Goodman K, Zandi D, Reis A, Vayena E. Balancing risks and benefits of artificial intelligence in the health sector, *Bull World Health Organ* 2020; 98 (4).

- [24] Ruffolo J A, Nayfach S, Gallagher J, Bhatnagar A, Beazer J, Hussain R, Russ J, Yip J, Hill E, Pacesa M, Meeske A J, Cameron P, Madani A. Design of highly functional genome editors by modeling the universe of Crispr-CAS sequences, *bioRxiv* 2024; (04): 1-35.
- [25] Wei G X, Zhou Y W, Li Z P, Qiu M. Application of artificial intelligence in the diagnosis, treatment, and recurrence prediction of peritoneal carcinomatosis. *Heliyon* 2024; 10(7), e29249.
- [26] Gasiunas G, Young J K, Karvelis T, Kazlauskas D, Urbaitis T, Jasnauskaitė M, Grusyte M M, Paulraj S, Wang P H, Hou Z, Siksnys V. A catalogue of biochemically diverse CRISPR-Cas9 orthologs. *Nat Commun* 2020; 11(1), 5512.
- [27] Türkiye Yapay Zeka İnisyatifi.2017.Türkiye.AI-Türkiye Yapay Zeka İnisyatifi. <https://turkiye.ai/portfolio/bilge1074/> (Erişim Tarihi 10.10.2024)



Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

Telif Hakkı Devir Formu / Copyright Form

Biz aşağıda gerekli bilgileri bulunan,

[Yazarların Adı / Author names]

.....tarafımızdan yazılmış,

[Makale Adı / Article title]

.....

başlıklı makale içeriği, sunduğu sonuç, bilgi, bulgu ve yorumları konusunda, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'nün hiç bir sorumluluk taşımadığını kabul ederiz.

Sunduğumuz makalenin orijinal olduğunu; herhangi bir başka dergiye yayınlanmak üzere gönderilmediğini; daha önce yayınlanmadığını; tümüyle yada bir bölümü herhangi bir kongre/sempozyum da sunulup fakat tam metin olarak basılmadığını ve orijinal telif hakkı devri formu ile birlikte Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'ne gönderildiğini garanti ederiz.

Makalenin telif hakkından feragat etmeyi kabul ederek sorumluluğu üstlenir ve imza ederiz. Bu vesileyle makalenin telif hakkı Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' ne devredilmiştir. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü makalenin yayınlanabilmesi konusunda yetkili kılınmıştır. Bununla birlikte yazarların aşağıdaki hakları saklıdır:

Aşağıdaki ve diğer bütün durumlarda makalenin Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi tarafından yayınlandığına dair referans verilmelidir.

1. Telif Hakkı dışında kalan patent v.b. bütün tescil edilmiş haklar.
2. Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları için çoğaltma hakkı.
3. Yazarın gelecekteki kitaplar ve dersler gibi çalışmalarında; makalenin tümü ya da bir bölümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı.

Bütün yazarlar tarafından imzalanması gerekiyor: (Sorumlu yazar/Corresponding author*)

Yazarın Adı ve Soyadı / Author Names

İmzası / Signature

Tarih / Date

1

2

3

4

5

NOT: Eksik imza durumunda sorumluluk imzalayan yazarlara aittir. Lütfen formu doldurunuz, imzalayınız ve aşağıdaki adrese metinle birlikte gönderiniz.

Adres: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 23119-Elazığ.