

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE YAPAY ZEKÂ: FIRSATLAR VE SORUNLAR

Çiğdem TUĞAÇ¹

Atıf : Tuğaç, Ç. (2023). İklim değişikliği ve yapay zekâ: fırsatlar ve sorunlar. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1), 74-94. doi:10.17218/hititsbd.1240744

Özet: İklim değişikliği çağımızı tanımlayan önemli bir sorundur. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri önemli sosyal, ekonomik ve çevresel sonuçları beraberinde getirmektedir. Söz konusu sonuçlarla mücadele edilmesinde günümüzde yapay zekâ kullanımı giderek artmaktadır ve farklı alanlarda pek çok uygulama söz konusudur. Birleşmiş Milletler tarafından iklim değişikliğiyle mücadelede en önemli iki strateji; sera gazı azaltımı ve iklim değişikliğinin halihazırda ortaya çıkan ve çıkması muhtemel etkilerine uyum sağlanması olarak belirtilmektedir. Yapay zekâ kullanımı hem sera gazı azaltımı hem de uyum alanında mevcut anlayışın ve uygulamaların geliştirilmesi ve farklı bakış açılarının ve stratejilerin belirlenmesi doğrultusunda karar vericilere ve araştırmacılara önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak yapay zekâ sistemleri bir yandan da bu süreçlerde yeni sosyal ve etik sorunlar ortaya çıkartmakta ve sera gazı emisyonlarında önemli artışa da neden olmaktadır. Bu ise yapay zekâ kullanımını, iklim değişikliğini şiddetlendirerek insan sağlığının ve tüm canlıların zarar görmesine neden olan etkenlerden biri haline getirmektedir. Bu çalışmanın amacı, yapay zekânın iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında ortaya çıkardığı fırsatların ve sorunların değerlendirilmesidir. Çalışma sonucunda, yapay zekâ kullanımının enerji kullanımı, çevresel etkiler ve karbon ayak izi bağlamlarında ve etik açıdan iyi bir biçimde yönetilebilmesi halinde iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum faaliyetlerini önemli ölçüde desteklediği sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Sera Gazı Azaltımı, Uyum

Climate Change and Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges

Citation: Tuğaç, Ç. (2023). Climate change and artificial intelligence: opportunities and challenges. *Hitit Journal of Social Sciences*, 16(1), 74-94. doi:10.17218/hititsbd.1240744

Abstract: Climate change is an important problem that defines our era. The negative effects of climate change bring important social, economic, and environmental consequences. Today, the use of artificial intelligence in combating these problems is increasing and there are many applications in different fields. The two most important strategies in combating climate change defined by the United Nations are greenhouse gas mitigation and adapting to the existing and potential impacts of climate change. The use of artificial intelligence offers important opportunities to decision makers and researchers in order to develop existing understanding and practices in the field of both greenhouse gas mitigation and adaptation, and to identify different perspectives and strategies. However, artificial intelligence systems also create new social and ethical problems in these processes and cause a significant increase in greenhouse gas emissions. This makes the use of artificial intelligence one of the factors that cause harm to human health and all living things by exacerbating climate change. The aim of this study is to evaluate the opportunities and problems created by artificial intelligence within the scope of combating climate change. As a result of the study, it has been concluded that the use of artificial

Araştırma Makalesi / Research Article

¹ Doç. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, cigdem.tugac@hbv.edu.tr | <http://orcid.org/0000-0002-2555-6641> | <https://ror.org/05mskc574>
Assoc. Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Economics and Administration Sciences, Department of Political Science and Public Administration, cigdem.tugac@hbv.edu.tr | <http://orcid.org/0000-0002-2555-6641> | <https://ror.org/05mskc574>

intelligence will significantly support climate change combat and adaptation activities if it can be managed in the context of energy use, environmental effects, and carbon footprint and ethically.

Keywords: *Climate Change, Artificial Intelligence, Machine Learning, Greenhouse Gas Mitigation, Adaptation*

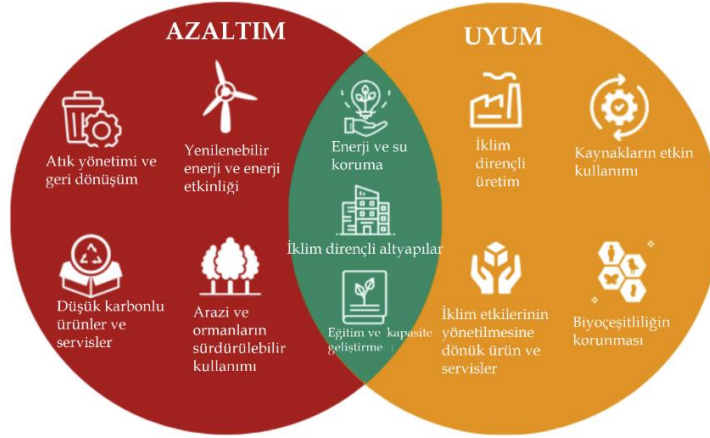
1. GİRİŞ

İklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS), "Uzun süre boyunca iklimde gözlenen doğal değişimler ile doğrudan ya da dolaylı olarak insan faaliyetlerinin neticesinde ortaya çıkan ve küresel atmosferin kompozisyonunu bozan değişiklik" olarak tanımlanmaktadır (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 1992). İklim değişikliği sadece çevresel bağlamda ele alınamayan, aynı zamanda önemli ekonomik ve sosyal sonuçları da olan bir sorundur (Maher ve diğerleri, 2022).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]) tarafından hazırlanan bilimsel raporlarda çağımızda yaşanan iklim değişikliğinin sebebinin, insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan ve atmosferdeki doğal miktarı artırılan sera gazı emisyonları olduğu ve bu kapsamda küresel ısınmaya karşı etkin yanıtların geliştirilebilmesinde önlemlerin ivedilikle alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Söz konusu raporların en günceli 2021 ve 2022 yıllarında üç farklı Çalışma Grubu Raporu (Çalışma Grubu I: İklim Değişikliğinin Bilimsel Temelleri; Çalışma Grubu II: Etki, Uyum ve Etkilenebilirlik; Çalışma Grubu III: Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması) halinde yayımlanan ve Mart 2023'te de Sentez Raporu yayımlanan IPCC 6. Değerlendirme Raporu'dur. Rapor'da insan faaliyetlerinin iklim sisteminde meydana getirdiği değişikliklerin son 2000 yılda benzeri görülmemiş nitelikte olduğu ve son 20 yılda, iklim değişikliği ile ilişkili afetlerin ve aşırı hava olaylarının niteliklerinin olumsuz yönde değiştiği ve bundan sonraki süreçte de söz konusu olumsuz etkilerin küresel çapta daha hızlı daha şiddetli ve daha yaygın bir biçimde görüleceği ifade edilmiştir. IPCC tarafından ayrıca, son 10 yıllık süreçte iklim değişikliğinin daha önceki raporlarda öngörülenden daha hızlı bir biçimde geliştiği vurgulanarak; önümüzdeki süreçte öngörülemeyen iklim etkilerinin ortaya çıkma potansiyelinin de göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir (IPCC, 2021, 2022a, 2022b, 2023).

Bu nedenle, artık kriz seviyesinde olduğu ifade edilen iklim değişikliği konusunda mücadeleye dönük acil önlemlerin alınması doğrultusunda politikaların geliştirilmesi ve uygulamaların yapılması oldukça önemlidir. Uluslararası iklim değişikliği politikalarının belirlendiği müzakerelerin yürütüldüğü BMİDÇS ve Paris İklim Anlaşması süreçlerine bakıldığında iklim değişikliğiyle mücadelede ele alınan iki önemli strateji; sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğinin halihazırda görülen ve görülmesi muhtemel etkilerine karşı uyum sağlanmasıdır (Şekil 1) (UNFCCC, 1992, 2015).

Söz konusu azaltım ve uyum eylemlerinin gerçekleştirilmesi doğrultusunda ve iklim değişikliğiyle mücadele edilmesinde günümüzde yapay zekâ (Artificial Intelligence [AI]) kullanımı önemli fırsatları da beraberinde getirmektedir. Farklı süreçlerin yönetimi, kontrolü, modellenmesi ve iyileştirilmesi doğrultusunda kullanılabilen çok amaçlı araçları ve teknikleri içeren uygulamalar, yapay zekâ olarak tanımlanmaktadır. Yapay zekâ kavramını 1955 yılında gerçekleştiren Dartmouth Konferansı'nda ilk ortaya koyan kişi Amerikalı bilgisayar bilimcisi John McCarthy'dir. McCarthy, öğrenmenin ve zekânın tanımlanması ile onu modelleyecek makinelerin yapılabileceğini ifade etmiştir. Günümüzde yapay zekâ, sağlık alanında (X-ray taraması ve hastalıkların teşhisi), ulaşım (güvenli sürüş sensörleri, düşük karbonlu taşımacılık) ve iletişim (insan konuşmasını işlemek ve yanıt vermek) gibi sayıları artırılacak pek çok farklı alanda yaygın biçimde kullanılmaktadır (Covels ve diğerleri, 2023; Rapaport, 2020).



Şekil 1. İklim Değişikliğiyle Mücadelede Azaltım ve Uyum Eylemlerinin Kapsamı

Kaynak: SEED (2022)

Özellikle karar vericiler ve araştırmacılar, yapay zekânın sunmuş olduğu olanaklar sayesinde, çok büyük miktarda verinin işlenmesi ve sentez edilmesiyle elde edilen sonuçları projelerinde, politika geliştirme süreçlerinde ve farklı uygulamalarda kullanma olanağına sahip olabilmektedirler. Şüphesiz bu durum iklim değişikliği konusunda acil eyleme geçme imkânı sağlaması bakımından da tercih edilen bir husustur. Ancak diğer yandan, yapay zekânın iklim değişikliği konusu başta olmak üzere farklı alanlarda kullanımı, beraberinde iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonları bağlamında bir artışı ve yeni etik ve toplumsal riskleri de getirmektedir (IPCC, 2022b, s.11, 168; Stein, 2020, s.890). Bu bakımdan yapay zekâ sistemlerinin kullanım süreçlerinin iklim değişikliği konusu bağlamında iyi bir biçimde değerlendirilmesi elzemdir.

2. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, yapay zekânın iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında ortaya çıkardığı fırsatların ve sorunların değerlendirilmesidir. Bu kapsamda çalışmada aşağıdaki araştırma soruları ele alınmıştır:

- Yapay zekânın iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında sağladığı olanaklar nelerdir?
- Yapay zekâ kullanımı iklim değişikliği bağlamında ortaya çıkardığı olumsuzluklar ve sorun alanları nelerdir?

Bu araştırma sorularının ele alınmasında çalışma yöntemi olarak ilişkisel araştırma modeli kullanılmıştır. Yapay zekâ kullanımı ve iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum faaliyetleri arasındaki ilişkinin kurulması hedeflenmiştir. Çalışmada akademik literatürün yanı sıra, Avrupa Birliği [AB], BM, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]), IPCC raporlarından ve farklı kurum ve kuruluşların bilimsel ve istatistikî verilerinden yararlanılmış ve bu kapsamda farklı uygulama örnekleri de değerlendirilmiştir. Çalışma, bu doğrultuda iki bölüm halinde ele alınmıştır: (1) Öncelikle, yapay zekânın iklim değişikliğiyle mücadelede sera gazı azaltımı ve uyum çalışmalarına olumlu yöndeki katkıları ele alınmıştır. Bu kapsamda başarılı yapay zekâ uygulamalarına ve girişimlerine örnekler de bu başlık kapsamında irdelenmiştir. (2) Ardından, yapay zekâ uygulamalarının iklim değişikliğini artıran ve iklim değişikliğiyle mücadeleyi güçleştiren yönleri ele alınmıştır. Bu başlık altında ayrıca yapay zekâ uygulamalarının iklim değişikliği bağlamında kullanılmasıyla ortaya çıkardığı etik sorunlara da değinilmiştir. Bu iki bölümden elde edilen bulgular belirtildikten sonra, Sonuç kısmında bir arada değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı; iklim değişikliği gibi günümüzde kriz mertebesine gelmiş bir sorunun, yapay zekâ gibi yaygın kullanıma sahip bir konu ile ilişkilendirilmesi ve güncel raporlar ve bilimsel literatür kapsamında ve farklı kullanımlar bağlamında, bütünlük olarak ele alınmasıdır. Bu sayede, iklim değişikliğiyle mücadele edilmesinde yapay zekâ kullanımının olumlu ve olumsuz tüm yönlerinin irdelenmesi sağlanmış ve sera gazı azaltımı ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum eylemleri kapsamında yapay zekâ donanımının ve uygulamalarının üretim, kullanım ve atık haline gelme süreçleri dahil olmak üzere tüm aşamaları değerlendirilerek; iklim değişikliği bağlamında politika geliştirme ve uygulama süreçlerinde önemle ele alınması gereken hususlar ortaya konulmuştur. Çalışmada ayrıca yapay zekâ uygulamalarının etik ve toplumsal bağlamlarda göz önünde bulundurulması gereken yönleri de değerlendirilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında, Türkiye’de belirtilen kapsamlarda konuyu ele alan çalışmaların çok sayıda olmadığı, yapılmış olan bazı çalışmaların ise konuyu tek bir konu özelinde ve/veya belirli sektörler (tarım, enerji, su vb.) bazında irdelediği görülmüştür.

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİYLE MÜCADELEDE YAPAY ZEKÂNIN SAĞLADIĞI OLANAKLAR

Yapay zekâ uygulamaları iklim değişikliğiyle mücadelede halihazırda kullanılan sistemlerdir. Bunun nedeni, yapay zekânın yüksek düzeyde ve anahtar niteliğinde bilişsel yetenekler içeren ve akıllı makineler tarafından yürütülen sistemler aracılığıyla sınıflandırma, projeksiyon ve karar verme süreçlerini hızlı bir biçimde gerçekleştirebilmesiyle ilişkilidir. Yapay zekânın iklim değişikliği alanında kullanılmasını yaygınlaştıran en önemli unsurlardan biri iklim değişikliğinin öngörülemez bir boyutunun olmasıdır. İklim değişikliği ile ilişkili olarak geçmişte ve günümüzde yaşanan olaylar ve gelecekte yaşanması muhtemel olaylara ilişkin pek çok belirsizlikler mevcuttur. Çok boyutlu iklim veri setlerinin anlaşılmasında ve geleceğe dönük projeksiyonların yapılmasında yapay zekâ, büyük miktardaki yapılandırılmamış verinin işlenmesini sağlaması özelliğiyle ön plana çıkmaktadır (Cowls ve diğerleri, 2023). Yapay zekâ uygulamalarından özellikle iklim değişikliği alanında aşağıdaki konular başta olmak üzere sayıları artırılabilir pek çok konuda (Şekil 2) yararlanılmaktadır (Clutton-Brock ve diğerleri, 2021, s.18; Cowls ve diğerleri, 2023; Ekin, 2019; Filho ve diğerleri, 2022; IPCC, 2022b, s.1062; Kumar, 2022; Stein, 2020, s.907):

- Küresel ortalama sıcaklık değişimlerinin projeksiyonları,
- Atmosfere ilişkin simülasyonlar,
- İklimsel ve okyanusal olayların ve tropikal dalgaların açıklanması,
- Bulut sistemlerinin değerlendirilmesi,
- Hava sistemlerinin özellikle de belli yerel lokasyonlarda yapısının ve işleyişinin anlaşılması,
- Belirli bir bölgedeki su talebinin anlaşılması,
- İklim ile ilişkili aşırı hava olayları ve afetlere bağlı olarak ortaya çıkan kayıp ve zararın belirlenmesi,
- İklim ile ilişkili göçlerin izlenmesi ve sosyal politikaların geliştirilmesi,
- Elektrik şebekelerinin yönetimi,
- Binalarda enerji verimliliğinin sağlanması,
- Yapılarda kullanılan malzemelerin karbon ayak izinin hesaplanması,
- Kentlerde akıllı ulaşım sistemlerinin kurgulanması ve yönetimi,
- İklim politikalarının sosyal ve ekonomik sonuçlarının öngörülmesi,
- İklim değişikliğinin etkilerinin insan psikolojisinde ortaya çıkardığı sonuçların belirlenmesi.

Konu	Sera gazı azaltımı			Uyum ve Dirençlilik		Temel Bilgiler
	Ölçme	Azaltma	Kaldırma	Tehlike tahmini	Güvenlik açığı ve maruz kalma yönetimi	
Alt başlık ve örnek	Makro-düzye ölçümler Örneğin, doğal karbon yutak alanlarının uzaktan tahmini	Sera gazı emisyonu yoğunluğunu azaltma Örneğin, güneş enerjisi için tedarik tahmini	Çevresel Kaldırma Örneğin, orman alanlarına ve diğer doğal alanlara verilen zararın izlenmesi	Yerel uzun-dönemli eğilimlerin projeksiyonu Örneğin, bölgesel düzeyde orman yangınları ve seller gibi aşırı hava olaylarının ve deniz seviyesinde yükselmenin modellenmesi	Kriz yönetimi Örneğin, salgın hastalıkların izlenmesi	İklim araştırmaları ve modellemesi Örneğin, ekonomik ve sosyal dönüşümün modellenmesi
	Mikro-düzye ölçümler Örneğin; kişisel ürünlerin karbon ayak izinin hesaplanması	Enerji etkinliğini geliştirme Örneğin, bireysel dönüşümü cesaretlendirme	Teknolojik Kaldırma Örneğin, karbon- yakalama depolama alanlarının değerlendirilmesi	Erken Uyarı Sistemlerinin kurulması Örneğin, siklonlar gibi yakın dönem aşırı hava olaylarının tahmini	Altyapının güçlendirilmesi Örneğin, akıllı sulama	İklim finansmanı Örneğin, karbon fiyatlarının öngörülmesi
AI Kullanımı	Veri toplama, tamamlama, işleme Uydu ve Nesnelerin İnterneti verisi Zamansal ve mekansal olarak boşlukları doldurma	Planlama ve karar vermenin güçlendirilmesi Politika ve iklim risk analitikleri Üst düzey etkilerin modellenmesi Biyonik yönetimi	Süreç optimizasyonu Tedarik zinciri optimizasyonu Simülasyon ortamları	İş birliği ekosisteminin güçlendirilmesi Yatay veri paylaşımı Genişletilmiş topluluk araçları	İklim-pozitif davranışların desteklenmesi İklim-ağırlıklı değerlendirmeler İklim-dostu optimizasyon fonksiyonu	Eğitim ve davranış değişiklikleri Örneğin, iklim dostu tüketim konusunda tavsiyeler

Şekil 2. Yapay Zekânın İklim Değişikliği Kapsamında Temel Kullanım Alanları

Kaynak: Maher ve diğerleri (2022, s.6)

Yapay zekâ temelli teknolojilerin iklim değişikliği alanında kullanımı bağlamında ele alınan konuların başında, yapay zekânın iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir yaklaşım olan sera gazı emisyonlarının azaltılması konusundaki katkısı gelmektedir. 2018 yılında Microsoft tarafından yapılan bir çalışma sonucu hazırlanan Rapor'da yapay zekânın çevresel uygulamalarda kullanılmasının 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında mevcut trendlerin sürdürüldüğü senaryoya göre %1,5-4 azalma meydana getirirken, küresel GSMİH'i ise %3,1-4,4 artıracığı öngörüsünde bulunulmuştur (aktaran Cowls ve diğerleri, 2023). Maher ve diğerleri (2022, s.8) tarafından yapılan bir diğer araştırmaya göre ise, yapay zekâ kullanımının küresel sera gazı emisyonlarını %5-10 oranında azaltma (yaklaşık 2,6-5,3 gigaton CO₂ (karbondioksit) eşdeğerine karşılık gelmektedir) potansiyelinin olduğu, bu sayede Paris İklim Anlaşması'nın küresel ortalama sıcaklık artışını ve sera gazı emisyonlarını azaltma hedeflerine ulaşılmasını desteklediği sonucu elde edilmiştir.

Yapay zekâ uygulamaları, iklim değişikliği konusunda tüm idari düzeylerde ihtiyaç duyulan sera gazı azaltımı verilerinin takibine ve gerçekleştirilen bazı faaliyetler sonucunda atmosferden ne miktarda karbonun yutak alanlar vasıtasıyla depolandığının izlenmesine olanak sağlamaktadırlar. Bu sayede tespit edilen azaltım politikalarının uygulanması sonucunda istenilen düzeylerde sonuçlar elde edilip edilmediğinin daha hızlı bir biçimde anlaşılması mümkün olmakta ve gerekli hallerde yeni tedbirler ve politikalar tespit edilebilmektedir. Ayrıca karbon vergisi gibi uygulamalar için ve araç paylaşımı sistemlerinin kurgulanması ile sera gazı azaltımı yapılması için de söz konusu izleme sistemlerinde yapay zekâ, aktif şekilde kullanılmaktadır (Cowls ve diğerleri, 2023).

Avrupa Komisyonu tarafından 2020 yılında yayımlanan Yapay Zekâ için Beyaz Kitap² dokümanında, yapay zekâ sistemlerinin sağladığı pek çok faydanın yanı sıra, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum eylemleri için de önemli katkılar sunduğu vurgulanmış ve yapay zekâ sistemlerinin faydalarının sadece bireysel bağlamda değil, toplumsal bağlamlarda da ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Buna göre, BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın (SKA) ve başta SKA13: İklim Eylemi'nin hedeflerinin gerçekleştirilmesinde yapay

² Beyaz kitap, Avrupa Komisyonu'nun belirli bir konuda somut eylem önerileri ortaya koymak için hazırladığı dokümandır (AB Bakanlığı, 2021, s.23).

zekâ sistemleri önemli bir unsur olarak ele alınmıştır. AB'nin 2019 yılı Aralık ayında açıklanmış olduğu Avrupa Yeşil Mutabakatı belgesinde, "Avrupa'nın 2050 yılı itibarıyla ilk iklim nötr kıta olması" hedefine yer verildiği belirtilen Beyaz Kağıt'ta, Yeşil Mutabakat'ta belirtilen hedeflerin yerine getirilmesinde yapay zekâ sistemlerinin kullanımının kritik önemde olduğuna değinilmiştir. Bunun yanı sıra yapay zekâ sistemlerinin yaşam döngüleri boyunca yani üretiminden, veri toplama ve algoritmaların eğitimi için kullanılmalarına kadar olan tüm süreçlerde, düşük çevresel etkiler ortaya koyacak biçimde ele alınmalarının önemi de vurgulanmıştır (European Commission [EC], 2020, s.2).

İklim değişikliğinin etkilerine uyum ve dirençlilik sağlanması bağlamındaki yapay zekâ uygulamaları ise daha uzun vadeli süreçlerin takibi (deniz seviyesindeki yükselme) ve iklim ile ilişkili aşırı hava olaylarına (kasırgalar, kuraklıklar gibi) ilişkin projeksiyonların yapılması konularında kullanılmaktadır (Maher ve diğerleri, 2022, s.3).

Filho ve diğerleri (2022) tarafından yapılan bir çalışmada yapay zekânın iklim değişikliğine uyum ve dirençlilik bağlamındaki kullanımlarına ilişkin farklı akademik alanlarda ve farklı bölgelerde ortaya konulan literatür ele alınmış ve yapay zekâ uygulamalarına dönük çalışmaların %95'inin iklim değişikliğine uyum ve bu kapsamda özellikle uyumun temel konuları olan; su ile ilişkili konular ve tarım ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu sektörlere ilişkin büyük çaplı verinin yönetimiyle ilgili sorunlar ve yüksek finansman ihtiyacı konusunda yapay zekâ kullanımı ile önemli kazanımlar elde edilmiştir. Bu sayede, verinin daha hızlı bir biçimde işlenmesi de söz konusu olabilmektedir.

Bununla birlikte, iklim değişikliğine uyum alanında yapay zekâ uygulamalarından yararlanılabilmesi için bu uygulamaların yeni verilerle güncel tutulması ve yapay zekâ uygulamalarıyla elde edilen içgörülerin tüm ilgili paydaşlar tarafından erişilebilir olması oldukça önemlidir. Bu doğrultudaki imkanların geliştirilebilmesinde ulusal ve uluslararası iş birliği koşullarının geliştirilmesi elzemdir (Van der Bergh, 2022).

3.1. Yapay Zekânın İklim Değişikliği Alanında Kullanımına İlişkin İyi Uygulama Örnekleri ve Çalışmalar

Yapay zekânın, iklim değişikliği konusunda kullanımına ilişkin farklı kurumlar ve kuruluşlarca yürütülen çalışmalar, projeler, oluşturulan platformlar ve gerçekleştirilen iyi uygulama örnekleri ve iş birlikleri aşağıdaki başlıklarda ele alınmıştır.

3.1.1. BM Çevre Programı/ Dünya Çevre Durumu Odası Platformu

BM Çevre Programı (UN Environmental Programme [UNEP]) tarafından 2022 yılında başlatılan Dünya Çevre Durumu Odası (World Environment Situation Room [WESR]),

- İklim değişikliğine neden olan CO₂'nin atmosferik konsantrasyonunun ölçülmesi,
- Buzul kütlelerindeki değişimlerin belirlenmesi,
- Deniz seviyesindeki yükselme miktarının tespit edilmesi,
- Önemli bir sera gazı olan metan emisyonlarının izlenmesi,

gibi pek çok iklimle ilgili araştırmada, çok yönlü veri kümelerini analiz etmeyi kolaylaştıran yapay zekâ uygulamalarından yararlanan dijital bir platformdur. Bu platformun hedef kitlesi sadece karar vericiler değildir ve eğitim amaçlı kullanım doğrultusunda öğrencileri de kapsamaktadır (UNEP, 2022).

3.1.2. Microsoft/ Yerküre İçin Yapay Zekâ Girişimi

Microsoft tarafından 2017 yılında beş yıl süreyle Yerküre İçin Yapay Zekâ Girişimi (AI for Earth) kurulmuştur. 50 milyon dolar kaynak aktarılan girişim kapsamında, yapay zekâ başta olmak üzere farklı teknolojilerle iklim krizinin çeşitli boyutlarıyla mücadele edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda kutup bölgesinde fırtınalar sonrasında kuş popülasyonlarının korunması konusunda izlemeler yapılması başta olmak üzere küresel çapta pek çok alanda 950 proje gerçekleştirilmiştir (Microsoft, 2022).

3.1.3. Met Office, Çin ve İngiltere/ Hizmet Ortaklığı İçin İklim Bilimi Projesi

Met Office ve Çin ve İngiltere'deki araştırma enstitüleri tarafından geliştirilen Hizmet Ortaklığı İçin İklim Bilimi-Çin (Climate Science for Service Partnership China) projesi, 2014 yılında başlatılmıştır ve İngiltere ve Çin'deki araştırma enstitüleri arasındaki bilimsel iş birliğinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu doğrultuda projenin hedefi; bireylere ve kuruluşlara aşırı hava ve iklim olaylarıyla mücadele edebilmeleri doğrultusunda gerekli olan iklim bilgilerinin sağlanmasıdır. Bu kapsamda Çin'deki Yangtze Nehri Havzası için mevsimsel yağış tahminleri sağlanmış ve pek çok şehirde yaşanan sıcak hava dalgası ve sel gibi iklim ile ilişkili aşırı hava olayları ve afetlere dönük olarak karar vericilere bilgi sağlanmıştır. Proje kapsamında, iklim ile ilişkili afet risklerinin azaltılması doğrultusunda mevsimsel tayfun projeksiyonlarını iyileştirmeye dönük olarak yapay zekâ yeteneklerini geliştirilmesi ve ayrıca gıda güvenliğinin sağlanması doğrultusunda da yapay zekâ kullanımı konularında çalışmalar devam etmektedir (Met Office, 2022).

3.1.4. Uluslararası İklim Değişikliği Yapay Zekâ Organizasyonu

İklim Değişikliği Yapay Zekâ (Climate Change AI [CCAI]), 2019 yılında kurulan uluslararası bir organizasyondur. Organizasyon, uluslararası çapta gerçekleştirdiği çalışmalar ile iklim değişikliği ve makine öğrenmesi arasındaki ilişkinin kurulması ve geliştirilmesi doğrultusunda çalışmalarını sürdürmekte ve bu kapsamdaki araştırmalar için hibe desteği sağlamaktadır (CCAI, 2022).

3.1.5. Google/ Sosyal Fayda için Yapay Zekâ Programı

Google tarafından yürütülen Sosyal Fayda için Yapay Zekâ (AI for Social Good) programı aracılığıyla örneğin, gelişmekte olan bir ülke olan Hindistan'da iklim değişikliğine bağlı olarak ürünlerin zarar görmesinin en aza indirilmesi ve gıda güvenliğinin sağlanması ya da Endonezya'da atık yönetiminin sağlanması gibi alanlarda çalışmalar yapay zekâ uygulamaları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (Google, 2022).

3.1.6. BM Uydu Merkezi Hızlı Haritalama Servisi/Taşkın Yapay Zekâ

BM Uydu Merkezi (United Nations Satellite Centre [UNOSAT]) Hızlı Haritalama Servisi, insani acil durumlar karşısında uydu görüntülerinin analizini sağlamaktadır. UNOSAT tarafından her yıl 20'den fazla iklimle ilişkili sel olayının analizi ve haritalanması yapılmakta ve bu analizler ve haritalar söz konusu bölgelere yardım sağlayan kuruluşlarla paylaşılarak, sele karşı acil yanıtların geliştirilmesi desteklenmektedir. Bu kapsamda UNOSAT tarafından oluşturulan Taşkın Yapay Zekâ (Flood AI) aracılığıyla uydu görüntülerinden taşkın alanlarının otomatik olarak tespiti yapılmaya başlanmıştır ve bu kapsamda 2021 yılında Nepal ve Myanmar'da gerçekleşen sel afetlerine ilişkin günlük değişiklikler gözlemlenerek, taşkın dağılımı ve etkilenen nüfusa ilişkin bilgiler aktarılmıştır (Clutton-Brock ve diğerleri, 2021, s.82).

3.1.7. OECD/ Yapay Zekâ Uzmanları Ağı

OECD Yapay Zekâ Uzmanları Ağı (ONE AI), OECD tarafından iklim değişikliği ve farklı alanlarda yürütülen çalışmalara ilişkin analizler yapmak ve söz konusu süreçlere ilişkin tavsiyeler geliştirmek doğrultusunda oluşturulmuştur. Bu doğrultuda, yapay zekâ kullanımı ile politika geliştirme, teknik yardım ve iş geliştirme süreçlerine destek olmayı amaçlamaktadır. Çok disiplinli ve çok paydaşlı bir grup olarak ONE AI, OECD'nin diğer uluslararası inisiyatifler ve kuruluşlarla bilgi paylaşması için bir platform görevi görerek, OECD'ye yapay zekâ konusunda dışa dönük bir bakış açısı da sağlamaktadır. ONE AI aracılığıyla OECD tarafından, söz konusu politika geliştirme ve analiz girişimlerinin yanı sıra, özellikle uluslararası iş birliğinin geliştirilmesinin gerekli ve yararlı olduğu durumlarda, güvenilir yapay zekâ ve sürdürülebilirlik sorunları hakkında farkındalık geliştirme çalışmaları da yapılmaktadır. OECD'nin Uzmanlar Ağı tarafından, yapay zekânın çevre ve iklim üzerine doğrudan ve doğrudan olmayan etkilerinin hesaplanabilmesi doğrultusunda bir metrik/ölçme sistemi de geliştirilmiştir (OECD, 2022, s.17)

3.1.8. Avrupa Komisyonu ve Avrupa Uzay Ajansı/DestinE Girişimi

Avrupa Komisyonu'nun bir girişimi olan ve Avrupa Uzay Ajansı liderliğinde geliştirilen Destination Earth (DestinE) , kuraklık ve insan faaliyetleri gibi iklim olayları arasındaki etkileşimi izlemek ve tahmin etmek için yapay zekâ tabanlı bir dünya modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu sayede karar vericilerin ve politika belirleyicilerin, iklim değişikliğine uyum ve sera gazı azaltımı eylemlerini belirlemelerinin desteklenmesi hedeflenmektedir. Söz konusu girişim, Avrupa Komisyonu'nun Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Dijital Stratejisi kapsamında yer almaktadır ve bunları desteklemek üzere hayata geçirilmiştir (EC, 2022a).

3.1.9. Dünya Ekonomik Forumu/FireAid Projesi

Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum [WEF]) tarafından başlatılan FireAid girişimi son yıllarda iklim değişikliğinin etkisiyle önemli ölçüde artan büyük orman yangınlarının önlenmesi ve bu yangınlarla mücadele edilmesi doğrultusunda oluşturulmuş bir girişimdir. Söz konusu girişimin ilk proje uygulaması Türkiye'de Tarım ve Orman Bakanlığı, Koç Holding, C4IR Ağı ve WEF'in Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi Platformu ile ortaklaşa yürütmektedir. Çalışma kapsamında dinamik iklim risk haritalarının hazırlanması ve söz konusu haritaya bağlı olarak orman alanlarında kaynak kullanımının optimizasyonunun sağlanması da hedeflenmektedir (WEF, 2022).

4. YAPAY ZEKÂNIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAĞLAMINDA ORTAYA ÇIKARDIĞI SORUNLAR

İklim değişikliğine ilişkin çalışmalarda ve projelerde yukarıda belirtilen farklı alanlarda yapay zekâ aracılığıyla analizler, izlemeler ve değerlendirmeler yapılırken, söz konusu çalışmaların ve yapay zekâ uygulamalarının kullanılmasının beraberinde iklim değişikliğini şiddetlendirici etkiler veya etik ve toplumsal kapsamda yeni sorun alanları ortaya çıkarabildiği görülmektedir.

Etik bağlamda yeni sorunlara yol açmaya en uygun alanlardan biri, iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerine etkilerinin değerlendirilmesinde yapay zekâ kullanımı olmaktadır. Zira iklim değişikliğinin insan sağlığına etkilerinin ele alındığı yapay zekâ uygulamalarında kişisel sağlık verilerinin tutulması ve işlenmesi söz konusudur. Bu verilere dayalı olarak doğrudan insanların merkezinde olduğu kararları etkileme potansiyeli ortaya çıkabildiği gibi, söz konusu verilerin uygun olmayan amaçlarla kullanımları da gerçekleştirilebilmektedir. Bir diğer örnek de tüketim alışkanlıklarıyla iklim değişikliğine neden olan etmenler arasındaki ilişkilerin tespiti için yapılan araştırmalar için tutulan verilerdir. Yapay zekâ uygulamaları bu yönleriyle ayrımcılığa ve eşitsizliğe yol açabilecek ve kasıtlı kötüye kullanımları, mahremiyet ihlallerini ve veri yanlılığını

ortaya çıkarabilecek riskleri içermektedir. Bu bakımdan, söz konusu etik risklerin önlenmesini sağlayacak ve verilerin doğru bir biçimde kullanıldığından ve güvenliğinden emin olunan yaklaşımların geliştirilmesi elzemdir (EC, 2020, s.1; Ekin, 2019; Stein, 2020). Örneğin, meteorolojik ve coğrafi bileşenlerle kurulmaya başlanan bir yapay zekâ sisteminde, bir yerleşmedeki enerji talebi ve karbon ayak izi hesaplarının yapılması bireylerin davranışları ve tüketim kalıpları gibi verilerin de yapay zekâyâ dahil edilmesini gerektirmektedir. Ancak bu konuda o bölgede yaşayan kişilerin hakları tartışma konusu olmaktadır. Çalışma yapılan yerleşmede yaşayan kişilerin bazıları, iklim değişikliğiyle mücadeleye katkısı bağlamında söz konusu verilerinin paylaşılmasını uygun bulurken, geri kalan kişiler farklı nedenlerle bu verilerin paylaşılmasını uygun bulmayabilmektedirler (Cowls ve diğerleri, 2023).





Bu kapsamda bir diğer önemli risk ise yapay zekânın tasarımı ve geliştirilmesi ile ilişkilidir. Veriye bağlı olarak çalışan yapay zekâ sistemleri mevcut veya sisteme girilebilen verileri kümeleme, sınıflandırma, projeksiyon yapma bağlamlarında kullanılarak eğitilmektedirler ve bu verilerle çeşitli sonuçlara ulaşabilmektedirler. Bu şekilde geliştirilen ve yönlendirilen bir yapay zekâ uygulamasında -amaç bu olmamakla birlikte- sistemsel bir önyargı ortaya çıkabilmekte ve çalışmanın sonuçlarına yansiyabilmektedir. Örneğin, bir kentte iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında fosil yakıt tüketiminin kısıtlanmasında oldukça faydalı olan elektrikli araçların kullanacağı şarj istasyonlarının nereye kurulacağı konusunda karar alma süreçlerinin desteklenmesi doğrultusunda yapay zekâ kullanımı söz konusu olabilir. Bu yapılırken sistem, halihazırda elektrikli araç sahipliğinin en yüksek olduğu bölgeleri seçme yönünde eğitildiğinde, kentin daha düşük gelir düzeyine ve dolayısıyla nispeten daha az elektrikli aracına sahip bölgelerinin şarj istasyonu imkanından yeterince yararlanamaması ve bu nedenle bu bölgelerde yaşayanların tercihlerini fosil yakıtlı araç türlerini kullanmaktan yana kullanmaları söz konusu olabilir. Esasen bu örnek, yapay zekânın iklim adaleti ve eşitlik kavramlarıyla içsel ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda yapay zekâ uygulamalarının kurgulanmasında sorumlu bir tutum sergilenmesi, yani yapay zekânın geliştirilmesi, dağıtımı ve yönetiminde iklim değişikliği ve ilişkili tüm ekonomik, çevresel ve sosyal sonuçlar göz önünde bulundurularak sorumlu ve sürdürülebilir nitelikte yapay zekâ sistemleri kurgulanması hususları öne çıkmaktadır (Clutton-Brock ve diğerleri, 2021, s.24; Cowls ve diğerleri, 2023).

Yapay zekâ uygulamalarının, iklim adaletinin sağlanması bağlamında değerlendirilmesi bu nedenle önemlidir. Zira yapay zekâ kullanımı yüksek gelişmiş ülkeler, çağımızda yaşanan iklim değişikliği konusunda tarihsel sorumluluğa da sahiptirler. Bununla birlikte iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden en fazla mustarip olan gelişmekte olan ülkelerin, iklim değişikliğiyle mücadele ve uyuma yönelik yeterli finansal, beşerî ve teknolojik kapasiteleri bulunmamaktadır. Mevcut koşullarda çoğunlukla fosil yakıtı dayalı olarak üretilen enerjiyi, yüksek miktarda kullanan yapay zekâ sistemlerinin gelişmiş ülkelerde yaygın biçimde kullanılması ve bunun önemli miktarda sera gazı açığa çıkarmasıyla şiddetlenen iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından da yine en fazla en kırılgan durumdaki gelişmekte olan ülkeler etkilenmektedir. Bu ise, iklim adaleti ve yapay zekâ kullanımı bağlamında çözülmesi gereken yeni bir sorun alanıdır. Çünkü en fazla etkilenen bu ülkeler, sera gazı emisyonlarından sorumlu olmadıkları gibi, pek çoğunda yapay zekâ kullanılmaması nedeniyle yapay zekâ kullanımına bağlı iklim zararlarından da sorumlu değildirler. Bu ülkelerin zararlarının tazmini ve yapay zekâ uygulamalarının bu ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum çabalarında erişebilecekleri bir çözüm kaynağı haline getirilmesi elzemdir (Clutton-Brock ve diğerleri, 2021, s.5; Evans, 2021; Nordgren, 2022).

Yapay zekânın kullanımının iklim değişikliğiyle mücadele bağlamında ortaya çıkardığı bir diğer olumsuz etki de yapay zekânın oluşturduğu kolaylaştırıcı ortamda ürünlerin tüketim taleplerinde artış yaşanması sonucu ortaya çıkan geri tepme etkisi ile ilgilidir. Örneğin, yapay zekâ uygulamaları vasıtasıyla geliştirilen bir akıllı otomobil, enerjiyi etkin kullandığı iddiasıyla piyasaya sürüldüğünde, bu hususun söz konusu otomobile olan talebi artırması olası bir sonuçtur ve doğrudan geri tepme etkisine örnektir. Bunun bir sonucu olarak indirekt/doğrudan olmayan geri tepme etkisiyle otomobilin lastiğine olan talep de artış gösterecektir. Söz konusu akıllı otomobilin üretiminin kendisi de önemli miktarda enerji gerektirmektedir. Bu da üretim sürecinde kullanılan materyallerin elde edilmesi doğrultusunda gömülü geri tepme etkisini içermektedir. Dolayısıyla bu örnekte de görüleceği üzere akıllı otomobil için geliştirilmiş nitelikte bir enerji etkinliği sağlanması ve fosil yakıtların kullanımıyla şiddetlenen iklim değişikliğiyle mücadele edilmesi amaçlarıyla yapay zekâ kullanılmış olmasına rağmen, esasen pek çok geri tepme etkisinin içerildiği bir süreç ortaya çıkabilmekte ve toplumsal ve/veya küresel ölçekte bu süreç toplam enerji tüketiminde artışla sonuçlanabilmektedir (Nordgren, 2022).

Yapay zekâ kullanımıyla kişiselleştirilebilen ürün üretim süreçleri ve bunlara ulaşmanın da yine kullanılan yapay zekâ sistemleriyle kolay olması tüketim alışkanlıklarını artış yönünde etkileyebilmektedir. Üretim süreçlerinin neden olduğu yüksek seviyedeki sera gazı emisyonları ise yapay zekâ kullanımının iklim değişikliği bağlamında ortaya çıkardığı bir diğer sorun alanıdır. Dolayısıyla yapay zekâ teknolojisinin çevresel maliyetinin hesaplanması bunun için önemlidir (McGill, 2022; Stein, 2020). Ancak yapay zekânın neden olduğu sera gazı emisyonlarının hesaplanması da ayrı bir güçlüğü oluşturmaktadır. Çünkü bu hesaplamalar kapsamında da ele alınması gereken çok farklı süreçler (Tablo 1) söz konusudur. Yapay zekânın da içinde olduğu dijital yaklaşımlar, bir yandan döngüsel ekonomi için de değerlendirilmesi gereken yeni unsurlar ortaya çıkarmaktadırlar. Artan enerji tüketimi talebinin yanı sıra, sayısı milyarları bulan yapay zekâ donanımlarının ve bunları bağlayan internet altyapısının ortaya çıkardığı bir diğer sorun e-atıklar olmaktadır. Bu durum, söz konusu atıkların bertarafının maliyetlerinin, yapay zekâ uygulamalarının sağladığı yararlarla kıyasla, ekonomik ve çevresel bağlamda değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Dhar, 2020, s.423; IPCC, 2022b, s.464; OECD, 2022, s.20).

Tablo 1. Yapay Zekânın Doğrudan ve Doğrudan Olmayan Çevresel ve İklimsel Etkileri

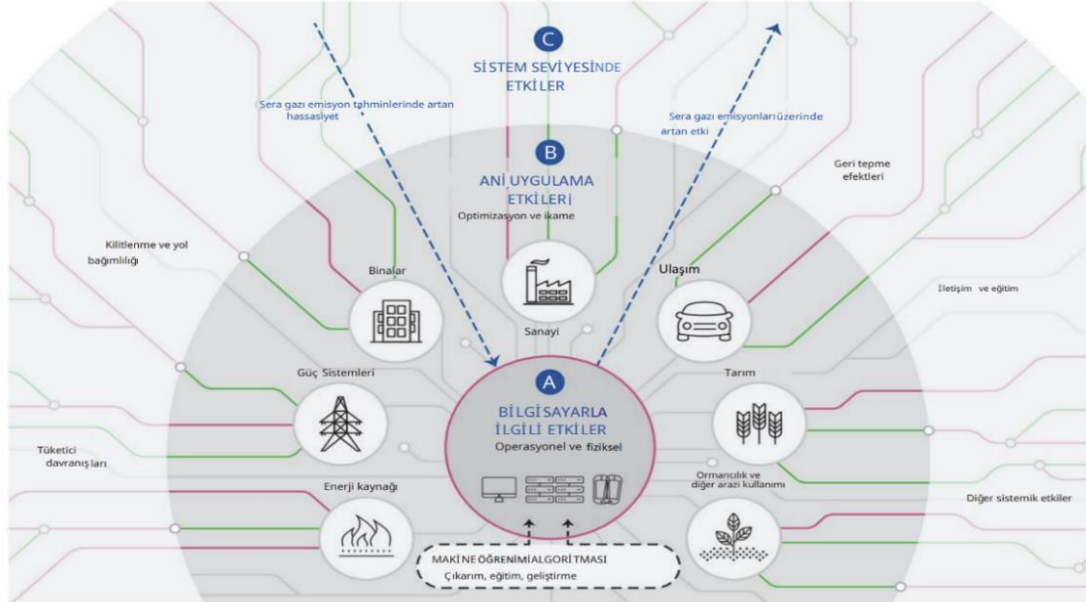
Doğrudan çevresel etkiler (Yapay Zekâ Bilgisayar Kaynakları Yaşam Döngüsü)			
Üretim 	Taşıma 	Operasyon 	Kullanım ömrünü tamamlama 
Ham materyal çıkarımı	Dağıtım	Enerji tüketimi	Toplama ve nakliye
Montaj	Yük taşımacılığı	Su tüketimi	Sökme ve geri dönüşüm
Üretme	Taşıma ve depolama	Karbon ayakizi	Atık bertarafı
Doğrudan olmayan çevresel etkiler (Yapay Zekâ Uygulamaları)			
Pozitif etkiler		Negatif etkiler	
Yararlı sektörel uygulamalar		Zararlı sektörel uygulamalar	
İklim değişikliği için sera gazı azaltımı ve uyum		Karbon kaçağı (sera gazlarında artış)	
Çevresel modelleme ve projeksiyonlar		Tüketim deseni ve geri tepme etkisi	

Kaynak: OECD (2022, s.20)

Değerlendirilmesi gereken önemli konulardan biri de yapay zekâ kapsamındaki 'makine öğrenmesi' süreçlerine ilişkin olandır. Makine öğrenimi, "akıllı makineler, özellikle akıllı bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği" olarak tanımlanan yapay zekâ kapsamına girmektedir

(Beardmore, 2022). Kaack ve diğerleri (2021) tarafından yapılan bir çalışmada makine öğreniminin sera gazı emisyonlarına etkilerinin belirlenmesinde üç kategoriden oluşan bir çerçeve (Şekil 3) tanımlanmıştır. Bu çerçeve aşağıdaki kapsamda ele alınmaktadır:

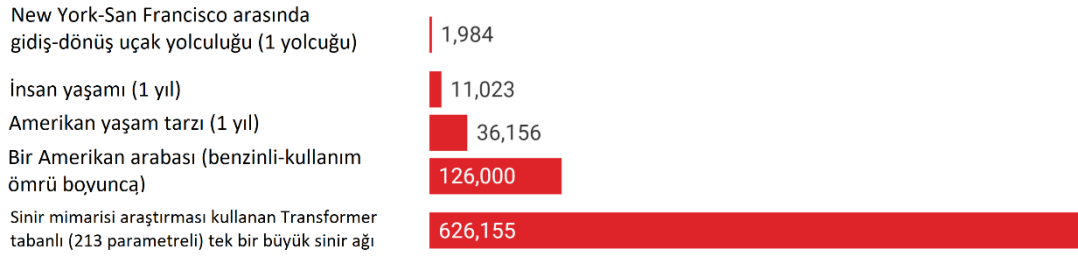
1. Bilgisayarla ilgili etkiler (hem makine öğrenmesi hesaplamaları için kullanılan enerjinin hem de bilgi işlem donanımıyla ilişkili gömülü emisyonların neden olduğu sera gazı emisyonlarını içerir),
2. Makine öğreniminin veri madenciliği ve uzaktan algılama, sera gazı izleme, binalarda enerji kullanımını hesaplama, verim tahmini ve sanayide ısıtma ve soğutma sistemlerinin çalışma verimliliğinin kontrolü gibi uygulamalarının ani etkileri (makine öğrenimi uygulamalarının kısa vadeli sonuçlarına bağlı anlık sera gazı emisyonu etkilerini içerir),
3. Sistem düzeyindeki etkiler (bu uygulamaların neden olduğu, daha geniş kapsamlı, uzun vadeli ve yapısal veya sistem düzeyinde sera gazı etkilerini içerir. Örneğin, tüketici davranışlarının tespiti ve belirli mal ve hizmetlerin tüketimini önermede makine öğrenimini kullanan reklamcılık sektörü, giderek artan veri altyapılarının yanı sıra sera gazı emisyonlarında da artışı içermektedir).



Şekil 3. Yapay Zekâ Kapsamında Makine Öğrenmesinin Sera Gazı Emisyonu Etkilerini Değerlendirmek İçin Bir Çerçeve (Yeşil çizgiler sera gazı emisyonlarında azaltan etkileri, kırmızı çizgiler sera gazı emisyonlarını artıran etkileri ifade etmektedir).

Kaynak: Kaack ve diğerleri (2021, s.2)

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (Massachusetts Institute of Technology [MIT]) tarafından yapılan bir araştırmada, insan dilini işlemek için büyük bir yapay zekâ eğitmenin, yaklaşık 300 bin kilogram CO₂ eşdeğeri emisyonuna (626 bin pound CO₂ eşdeğeri) yol açtığı, bunun ise ortalama bir arabadan kaynaklanan emisyonun yaklaşık beş katına denk geldiği (Şekil 4) hesaplanmıştır (Hao, 2019).

Pound CO₂ Eşdeğeri

Şekil 4. Yapay Zekâ Kullanımının CO₂ Salım Miktarının Diğer Salımlarla Karşılaştırılması

Kaynak: Hao, K. (2019)

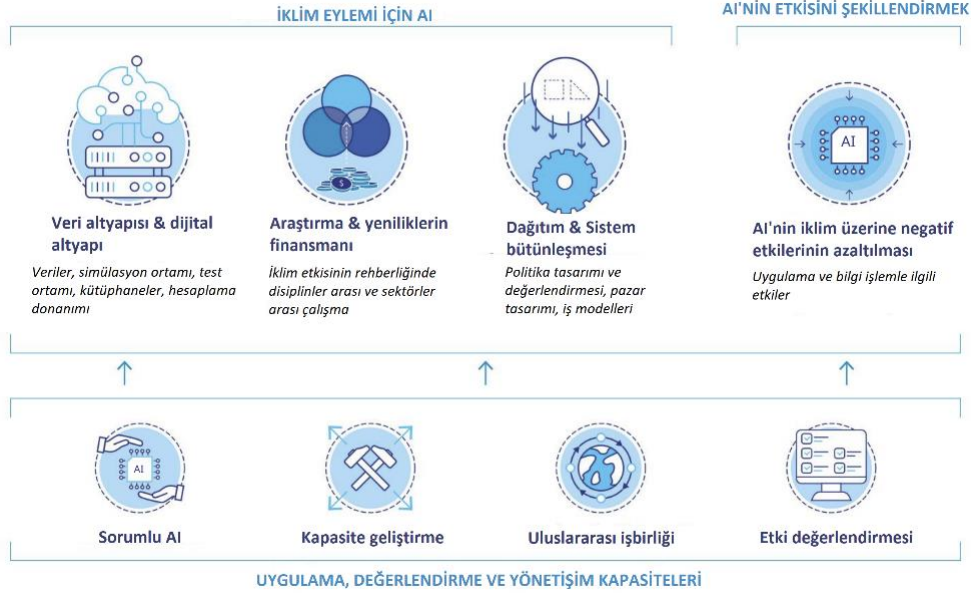
Yukarıda da belirtildiği gibi yapay zekâ uygulamalarının temelinde veriler bulunmaktadır. Yapay zekâ uygulamalarında kullanılan veriler, günümüzün dijital ekonomisindeki kilit önemlerine binaen ‘yeni petrol’ olarak nitelendirilmektedirler. Söz konusu verilerin depolandığı ve işlendiği veri merkezleri, yapay zekanın iklim değişikliğine etkileri bağlamında göz önünde bulundurulması gereken bir diğer alandır. Çünkü bu merkezlere olan talep artmaktadır ve bu kapsamda artan bir enerji kullanım talebi de söz konusudur. Avrupa Komisyonu 2030 yılında veri merkezlerinde kullanılacak olan enerjide %28’lik bir artış öngörmektedir (EC, 2022b). Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency [IEA]) tarafından video izleme, eposta gönderme gibi pek çok etkinlikte verileri işleyen ve depolayan veri merkezlerinin küresel elektrik kullanımının %1’ini oluşturduğu ifade edilmektedir. Bazı araştırmalarda ise, söz konusu oran %2 olarak belirtilmektedir. Söz konusu kullanımların 2030 yılına kadar küresel enerji talebinin %8’ine ulaşabileceği öngörülmektedir (Neslen, 2022; Stein, 2020, s.917).

Veri merkezlerinde tüketilen enerjinin %40’ını oluşturan soğutma ihtiyacının, geliştirilen teknolojiler sayesinde yüksek sıcaklıklara dayanıklı hale getirilmesiyle giderilmesi veya veri merkezlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin kullanılması gibi uygulamalar ‘yeşil veri merkezleri’ yaklaşımı bağlamında önemli bir gelişmeyi temsil etmektedir (EC, 2022b; Nordgren, 2022). Ayrıca Avrupa Komisyonu tarafından, 2022 yılında Veri Merkezlerinde Enerji Etkinliğini Sağlamaya Dönük En İyi Uygulamalar Rehberi güncellenmiştir. Söz konusu rehber kapsamında Veri Merkezi Yönetimi ve Planlaması, IT Ekipmanları ve Servisleri, Soğutma, Veri Merkezi Güç Ekipmanları, Veri Merkezi Binası, İzleme gibi başlıklarda iklim duyarlı ve enerji verimli uygulamaların ne şekilde geliştirilebileceği açıklanmıştır (Acton ve diğerleri, 2022).

Yapay zekâ kapsamında daha geniş sistemlerin eğitilmeleri ve işletilmeleri aşamasında harcanan yüksek düzeydeki enerji miktarının azaltılmasında yazılım etkinliğine ilişkin gelişmelerin ve güncellemelerin yapılması oldukça önemlidir. Bununla birlikte yapay zekâ modellerinin eğitilmeleri sırasında harcanan enerji miktarı ne kadar yüksek olsa da esasen gerçekleştirdikleri pek çok görevin başka şekillerde yapılmasında kullanılacak olan zamana, mekâna, insan gücüne ve potansiyel elektrik kullanımına kıyasla daha ekonomik oldukları da ifade edilmektedir (Cows ve diğerleri, 2023).

Özetle, yapay zekânın iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum kapsamında kullanılmasında sorumlu davranılması (Şekil 5) ve iklim duyarlı olunması, yeni ve enerji etkin teknolojilerin geliştirilmesiyle yüksek enerji kullanımının ve sera gazı salımlarının önlenmesi ve diğer bir riski oluşturan etik sorunlar bağlamında da dikkatli bir değerlendirme ve takip sürecinin ve mevzuat zemininin geliştirilmesiyle, elde edilen verilerin uygun bir biçimde iklim değişikliği araştırmaları

için kullanılması, önümüzdeki süreçte iklim değişikliğiyle mücadelede yapay zekâdan kaynaklanan sorunların aşılmasında önemli stratejiler olacaktır.



Şekil 5. Yapay Zekânın İklim Değişikliğiyle İlişkisi İçin Stratejiler

Kaynak: Clutton-Brock ve diğerleri (2021, s.8)

5. BULGULAR

Çalışmada başlangıçta belirtilen amaç ve araştırma soruları kapsamında yapılan değerlendirmede aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Yapay zekâ, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli kazanımları beraberinde getirerek karar verme süreçlerinin etkin ve hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.
- Tüm yapay zekâ uygulama ve sistemlerinin temel dayanağı olan veri temininde doğru bir biçimde üretilmiş, güncel verilere ulaşılması ve bu verilerin elde edilmesinde ve kullanılmasında etik sorunların ortaya çıkmasını önleyen süreçler tanımlanmalıdır.
- Yapay zekâ uygulamalarının kullanılması, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini şiddetlendirici nitelikte sera gazı salımına ve yüksek enerji tüketimine neden olabilmektedir.
- Yapay zekâ donanımlarının üretilmesi, kullanılması ve kullanım ömrünün tamamlanmasının ardından atık yönetimi aşamalarında düşük ve/veya net-sıfır emisyonla dönük stratejiler geliştirilmesi ve tüm bu aşamalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, olumsuz sonuçların azaltılması bağlamında önemli stratejilerdir.
- Yapay zekâ ve iklim değişikliği arasındaki ilişki tüm sektörlerde ve tüm yönetim kademelerinde bütünsel olarak ele alınmalı ve ulusal ve uluslararası politikaların tespit edilmesinde sorumlu ve sürdürülebilir yapay zekâ uygulamalarına ulaşılabilmesi doğrultusunda belirli teknik, hukuki ve etik standartlar belirlenmelidir.

6. SONUÇ

İklim değişikliği, küresel iklim sisteminde olağan iklim koşullarını önemli ölçüde etkileyen faaliyetler sonucunda ortaya çıkan bir olgudur ve çağımızda yaşanan iklim değişikliğinin temel sorumlusu insan faaliyetleridir. Söz konusu insan faaliyetleri iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarında artış meydana getirmektedir. Bu kapsamda artan fosil kaynaklı enerji talebi

esasen iklim değişikliğinin ana nedenlerinden biridir. Söz konusu enerjinin kullanımının en yüksek olduğu alanlardan biri de yapay zekâ uygulamalarıdır.

Yapay zekâ, verilerin, algoritmaların ve hesaplama teknolojilerinin bir birleşimidir. Yapay zekâ ve iklim değişikliği ilişkisi ise esasen çift yönlü bir ilişkidir. Zira yapay zekâ kullanımı aracılığıyla iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak doğrultusunda hesaplamalar ve projeksiyonlar yapılabilmekte ve böylelikle karar vericiler için önemli bilgiler oluşturulabilmektedir. Yapay zekâ kullanımı çevresel izleme modelleri geliştirilmesi, karbon kaynaklarının tespit edilmesi, hava tahminleri, aşırı hava olaylarının çeşitli coğrafi konumlardaki etkilerinin tespiti ve sosyo-ekonomik sonuçlarının yorumlanması gibi pek çok alanda iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum çalışmalarında kullanılan önemli bilgileri sağlamaktadır.

Söz konusu bilgiler ışığında ülkeler tarafından BMİDÇS ve Paris İklim Anlaşması kapsamında sera gazı emisyonlarının azaltımı ve iklim değişikliğine uyuma yönelik olarak tespit edilen Ulusal Katkı Beyanları (Nationally Determined Contributions [NDCs]), Ulusal İklim Değişikliği Bildirimi gibi belgelerin hazırlanmasında ve bu kapsamda iklim politikalarının geliştirilmesinde daha güvenilir bir bilgi temeli sağladığı da görülmektedir.

Bununla birlikte, yapay zekânın iklim değişikliği bağlamında ortaya çıkardığı bazı sorun alanları da bulunmaktadır. İklim değişikliğiyle mücadele için kullanılan bir yapay zekâ uygulaması, aynı zamanda iklim değişikliği sorununa olumsuz yönde katkı veren ve yanı sıra etik sorunlar ortaya çıkaran bir kaynak da olabilmektedir.

Söz konusu sorun alanlarının en önemlisi verilerle ilgili olmaktadır. Özellikle bireylerin davranışlarının ve iklim ile ilişkili etkilerin bireylerde ortaya çıkardığı sonuçlara ilişkin verilerin yapay zekâ aracılığıyla işlenmesi, kişisel mahremiyete zarar verecek durumlara ve etik açıdan sorunlara yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra hatalı, yanlış ve eksik veriler yapay zekâ sistemlerinde kullanıldığında iklim değişikliği ile ilgili karar verme süreçlerinde yanlış sonuçlara ulaşılmasını ve yanlış uygulamalar gerçekleştirilmesine neden olma potansiyeli taşımaktadır. Bu nedenle yapay zekâ uygulamalarında kullanılacak verilerin doğruluğunu sağlamak doğrultusunda açık veri standartlarının oluşturulması ve özellikle iklim değişikliği açısından kritik sektörlerde veri üretiminin teşvik edilmesi oldukça önemlidir.

Yapay zekâ uygulamalarının iklim değişikliğini şiddetlendirme riski taşıyan en önemli yönlerinden biri de bu sistemlerin enerji kullanım miktarıyla ilişkilidir. Yapay zekâ uygulamalarında büyük veri kümelerinin depolanması ve analizinden kaynaklanan önemli bir karbon emisyonu üretimi söz konusudur. Yapay zekâ uygulamalarının temeli veriye erişime ve bilgi işlem teknolojilerindeki gelişmelere bağlıdır. Yapay zekâ sistemlerinin çalışmasını sağlayan söz konusu verilerin işlendiği veri merkezlerinin enerji kullanım miktarı da yapay zekâ teknolojilerine artan talebe koşut olarak yükselmekte ve bu kapsamda bu merkezlerin ürettiği sera gazı emisyonları da artmaktadır. Bu kapsamda veri merkezlerinde enerji verimliliğinin sağlanmasına dönük teknolojilerin kullanılması ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca sistem optimizasyonlarının yanı sıra, yapay zekânın kullandığı enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması da bu yöndeki sorunların azaltılmasında önemli stratejiler olacaktır.

Bu hususların yanı sıra yapay zekânın donanım boyutunda düşük karbonlu malzeme teknolojilerinin geliştirilmesine yatırım yapılması iklim değişikliği bağlamında oldukça önemli bir stratejidir. Yapay zekâ araçlarının ve bunları birbirine bağlayan araçların milyarları bulan miktarları düşünüldüğünde, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli olan doğal kaynak tüketiminin azaltılması ve atık yönetimini sağlanması kapsamında yeşil dönüşüm uygulamalarının yapay zekâ araçlarının tüm yaşam döngüsü boyunca göz önünde

bulundurulması ve ortaya çıkacak e-atık miktarının en aza indirilmesi doğrultusunda politikalar belirlenmesi oldukça önemlidir.

Yapay zekâ kullanımının yönetilmesi ve ulusal ve küresel sera gazı azaltımı ve uyum hedeflerine ulaşmak doğrultusunda belirli sınırlılıkların getirilmesi, yapay zekâ uygulamalarından kaynaklanan emisyonların azaltılması kapsamında ele alınabilecek bir başka yaklaşımdır. Esasen günümüzde BMİDÇS ve Paris İklim Anlaşması süreçleriyle işaret edilen, emisyon ticaret sistemi ve AB'nin Yeşil Mutabakat kapsamında ortaya koyduğu sınırdaki karbon düzenlemesi gibi hususlar sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması konusundaki temel çerçeveyi sağlamaktadır. Paris Anlaşması'nın; "küresel sıcaklık artışını 1,5 santigrat derece ile sınırlamak ve iki santigrat derecenin altında tutmak için çaba göstermek" olarak tespit edilen (UNFCCC, 2015) hedefine ulaşılması konusunda dünyanın yeterli kararlılığı gösteremediği ve halihazırda küresel ortalama sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme kıyasla 1,2 santigrat derece arttığı günümüz koşullarında önümüzdeki süreçte bu tip sınırlamaların daha kuvvetli bir biçimde uygulanması da kaçınılmaz hale gelecektir.

Özellikle iklim değişikliği nedeniyle kötüleşen koşullarda halk sağlığı uygulamalarının güçlendirilmesi ve takibi, afet risk yönetimi ve iklim değişikliğiyle mücadeleye ilişkin diğer pek çok kritik alanda yapay zekâ kullanımı kaçınılmazken, eğlence amaçlı yapay zekâ uygulamalarının iklim değişikliği etkisi ortaya çıkarmadan evvel enerji tüketimi ve sera gazı üretimi bağlamlarında değerlendirilmesi ve tüketicilerde ve kullanıcılarda bu hususlarda bilincin oluşturulması doğrultusunda farkındalık ve kapasite geliştirme programlarının uygulanması önemle ele alınması gereken stratejiler arasındadır. Yapay zekâ uygulamalarının sorumlu bir biçimde kullanılması hususu, BM SKA'larının kapsamında kalan 17 amacın tamamının, özellikle de SKA'ların 12.'si olan Sorumlu Üretim ve Tüketim amacının ve yanı sıra, SKA 13: İklim Eylemi amacının ve hedeflerinin gerçekleştirilmesinde de etkili olacaktır.

Yapay zekânın iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında sunduğu avantajları kullanmak şüphesiz önemlidir. Ancak bu kapsamda süreçlerin iyi bir biçimde yönetilmesi ve yapıcı biçimde yönlendirilmesi elzemdir. Özellikle yapay zekânın çevresel ve iklim değişikliği bağlamında etkilerinin belirlenebilmesi doğrultusunda ulusal, bölgesel ve yerel koşulları yansıtan indikatörlerin ve ölçüm araçlarının geliştirilmesi ve kullanılması gereklidir. Bu kapsamda kapsamlı bir ölçek setinin tanımlanmasında, uluslararası iş birliklerinin sağlanması da kritik önemdedir. Özellikle bu kapsamda uygulamalar yapmış ülkelerin deneyimlerinden ve kazanılmış derslerinden yararlanılması doğrultusunda yapay zekâyâ ilişkin uluslararası birliğlere katılım sağlanması, ölçek belirleme süreçlerini güçlendirici bir etki oluşturacak ve teknik destek ve uzman deneyimi paylaşımlarını güçlendirecektir. Bu sayede yapay zekâ uygulamalarının çevre ve iklim değişikliği üzerine doğrudan etkilerinin tanımlanmasının yanı sıra, dolaylı etkilerinin de tanımlanması ve bunlara karşı tedbirlerin ve politikaların belirlenmesiyle, sürdürülebilir yapay zekâ uygulamalarının gerçekleştirilmesi de mümkün olabilecektir.

Söz konusu iş birliklerinin kurulabileceği bir diğer alan ise veri paylaşımına ilişkilidir. Yapay zekâ kapsamında kullanılan modeller yalnızca eğitilmeleri için kullanılan girdiler/veriler aracılığıyla çıktı üretebildiklerinden, iklim değişikliği gibi hızla değişen dış etkenlerin söz konusu olduğu bir alanda yapay zekâ ve makine öğrenimi aracılığıyla elde edilen bilgilerle karar vermede bütünüyle bu sistemlere dayalı karar vermeyi riskli kılan bir husustur. Bu riskin en aza indirilmesinde, doğru ve kullanışlı verilerin sisteme kazandırılması önemlidir.

Yapay zekânın iklim değişikliği çalışmalarında kullanımının, yeşil-yıkama aracı olarak kullanılma potansiyelinin söz konusu olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Pek çok özel sektör kuruluşu

tarafından, operasyonlarının çevre üzerine etkilerine ilişkin raporlar yayımlanmakta ve farklı ölçüm metodolojileri kullanılmaktadır. Ancak gönüllülük esasına dayanarak hazırlanmaları ve belirlenmiş bir raporlama formatının bulunmaması bu raporların şeffaflığı ve güvenilirliği konusunda soru işaretleri ortaya çıkarmaktadır. Bütün bu hususlar, sorumlu yapay zekâ kullanımının sağlanması süreçlerinin sadece özel sektörün ve bireylerin inisiyatifine bırakılmamasını ve bu kapsamda gerekli olan yasal ve idari süreçlerin de gelişen ve değişen koşullara göre ele alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

Söz konusu risklerin azaltılmasında ve yapay zekâ sistemlerinin iklim değişikliğiyle mücadelede etkin bir biçimde kullanılmasında, dünyada örnekleri görülmeye başlanan uluslararası iş birliklerinin artırılması, ulusal kurumlar arasındaki koordinasyonun sağlanması, iklim değişikliği araştırmalarında yapay zekânın kullanımına ilişkin olarak gerekli olan finansman ve hibe olanaklarının, özellikle de iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı en kırılgan ülkelere ve toplum kesimlerine yönelik olarak artırılması ve bu alanda çalışan beşerî kapasitenin geliştirilmesi diğer önemli stratejilerdir.

Çağımızda yaşanan iklim değişikliğinin ortaya çıkmasında tarihsel sorumluluğu olmayan, ancak bundan en fazla etkilenen gelişmekte olan ülke halklarının haklarının, can ve mal güvenliklerinin, ulusal bütünlüklerinin korunması ve ortaya çıkabilecek iklim ile ilişkili aşırı hava olaylarına bağlı çatışma ve göç sorunlarıyla mücadele edilmesinde, yapay zekâ kullanımlarının bu ülkeler için de iklim değişikliğiyle mücadele çalışmalarında erişilebilir hale getirilmesi, iklim adaletinin sağlanması bağlamında oldukça önemli ve etik bir yaklaşım olacaktır.

Geliş Tarihi Kabul Tarihi Yayın Tarihi	23 Ocak 2022 5 Mayıs 2023 30 Haziran 2023
Yazar Katkısı	Çiğdem Tuğaç (%100)
Hakem Değerlendirmesi	Dış bağımsız.
Etik Onay	Bu makale, insan veya hayvanlar ile ilgili etik onay gerektiren herhangi bir araştırma içermemektedir.
Çıkar Çatışması	Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.
Finansal Destek	Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.
Telif Hakkı & Lisans	Yazar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanır. https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.tr
Submission Acceptance Publication	23 January 2022 5 May 2023 30 June 2023
Author Contribution	Çiğdem Tuğaç (100%)
Peer-review	Externally peer-reviewed.
Ethical Approval	This article does not contain any studies with human participants or animals performed by the authors.
Conflicts of Interest	The author declares that there is no conflict of interest.
Grant Support	The author received no financial support for the research, authorship and/or publication of this article.
Copyright & License	Author publishing with the journal retain(s) the copyright to their work licensed under the CC BY-NC 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

KAYNAKÇA | REFERENCES

- Avrupa Birliği (AB) Bakanlığı, (2021). Temel AB terimleri. Erişim adresi: https://www.ab.gov.tr/files/rehber/10_rehber.pdf
- Acton, M., Bertoldi, P. ve Booth, J. (2022). *2022 Best practice guidelines for the EU code of conduct on data centre energy efficiency*. Ispra: European Commission.
- Beardmore, A. (2022, 29 Ağustos). Can machine learning help tackle climate change? *Earth*. Erişim adresi: <https://earth.org/machine-learning-climate-change/#:~:text=Machine%20learning%20can%20tackle%20climate,predicting%20energy%20supply%20and%20demand>
- Climate Change AI (CCAI) (2022). Erişim adresi: <https://www.climatechange.ai/>
- Clutton-Brock, P., Rlnick, D., Donti, P., Kaack, L. H., Maharaj, T., Luccioni, A. ve Das, H. P. (2021). *Climate change and AI: Recommendations for government action*. Global Partnership on AI Report.
- Cowls, J., Tsamados, A., Taddeo, M. ve Floridi, L. (2023). The AI gambit: leveraging artificial intelligence to combat climate change—opportunities, challenges, and recommendations. *AI & Society*, 38, 283-307. doi: [10.1007/s00146-021-01294-x](https://doi.org/10.1007/s00146-021-01294-x)
- Dhar, P. (2020). The carbon impact of artificial intelligence. *Nature Machine Intelligence*, 2, 423-425. doi: [10.1038/s42256-020-0219-9](https://doi.org/10.1038/s42256-020-0219-9)
- Ekin, A. (2019, 12 Eylül). AI can help us fight climate change. But it has an energy problem, too. *European Commission*. Erişim adresi: <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/ai-can-help-us-fight-climate-change-it-has-energy-problem-too>
- European Commission (EC). (2020, 19 Şubat). *White paper on artificial intelligence: A European approach to excellence and trust*. COM(2020) 65 final. Brussels: European Commission.
- European Commission (EC). (2022a, Aralık 14). Destination earth. Erişim adresi: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>
- European Commission (EC). (2022b, Haziran 14). The green data centre that became a sustainability champion. Erişim adresi: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/green-data-centre-became-sustainability-champion-video-interview-2022-07-14_en
- Evans, S. (2021, 10 Ekim). Historical responsibility for climate change is at the heart of debates over climate justice. *Carbonbrief*. Erişim adresi: <https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change/>
- Filho, W. L., Wall, T., Afonso, S., Mucova, R., Nagy, G. J., Balogun, A-L., Luetz, J.M., Ng, A.W., Kovaleva, M., Azam, F.M.S., Alves, F., Guevara, Z., Matandirotya, N.R., Skouloudis, A., Tzachor, A., Malakar, K. ve Gandhi, O. (2022). Deploying artificial intelligence for climate change adaptation. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121662. doi: [10.1016/j.techfore.2022.121662](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121662)
- Google. (2022). AI for social good. *Google*. Erişim adresi: <https://ai.google/social-good/>

-
- Hao, K. (2019, 6 Haziran). Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes. *MIT Technology Review*. Erişim adresi: <https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). *Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, New York: Cambridge University Press. doi:[10.1017/9781009157896](https://doi.org/10.1017/9781009157896)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022a). *Climate change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, New York: Cambridge University Press. doi:[10.1017/9781009325844](https://doi.org/10.1017/9781009325844)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022b). *Climate change 2022: mitigation of climate change. Contribution of working group III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, New York: Cambridge University Press. doi: [10.1017/9781009157926](https://doi.org/10.1017/9781009157926)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023). *Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (ar6) summary for policy makers*. *IPCC*. Erişim adresi: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F. ve Rolnick, D. (2022). Aligning artificial intelligence with climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 12, 518-527. doi: [10.1038/s41558-022-01377-7](https://doi.org/10.1038/s41558-022-01377-7)
- Kumar, A. (2022, 3 Temmuz). Data Analytics: Machine learning use cases for climate change. *Vitalflux*. Erişim adresi: <https://vitalflux.com/machine-learning-use-cases-climate-change/>
- Maher, H., Meinecke, H., Gromier, D., Garcia-Novelli, M. ve Fortmann, R. (2022). How AI can be a powerful tool in the fight against climate change. *Web Assets*. Erişim adresi: <https://web-assets.bcg.com/ff/d7/90b70d9f405fa2b67c8498ed39f3/ai-for-the-planet-bcg-report-july-2022.pdf>
- McGill (2022, 28 Haziran). Is AI good or bad for the climate? It's complicated. *McGill*. Erişim adresi: <https://www.mcgill.ca/newsroom/channels/news/ai-good-or-bad-climate-its-complicated-340039>
- Met Office (2022). *Climate science for service partnership China*. Erişim adresi: <https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/collaboration/newton/climate-science-for-service-partnership-china>
- Microsoft (2022). *AI for earth*. *Microsoft*. Erişim adresi: <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth>
- Neslen, A. (2022, Ağustos 5). How can artificial intelligence help fight climate change? *Thomson Reuters Foundation*. Erişim adresi: <https://www.context.news/nature/how-can-artificial-intelligence-help-fight-climate-change>
-

-
- Nordgren, A. (2022). Artificial intelligence and climate change: ethical issues. *Journal of Information, Communication and Ethics in Society*, 21(1), 1-15. doi: [10.1108/JICES-11-2021-0106](https://doi.org/10.1108/JICES-11-2021-0106)
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2022). *Measuring the environmental impacts of AI compute and applications: the AI footprint*. OECD.
- Rapaport, W. J. (2020). What is artificial intelligence? *Journal of Artificial General Intelligence*, 11(2), 52-56. doi: [10.2478/jagi-2020-0003](https://doi.org/10.2478/jagi-2020-0003)
- SEED. (2022, 7 Kasım). Climate change adaptation. Erişim adresi: <https://seed.uno/topics/adaptation>
- Stein, A. L. (2020). Artificial intelligence and climate change. *Yale Journal on Regulation; New Haven*, 37(3), 890-939. Erişim adresi: https://openyls.law.yale.edu/bitstream/handle/20.500.13051/8313/05_Stein_Article_Final.pdf?sequence=2
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2022, 7 Kasım). How artificial intelligence is helping tackle environmental challenges. *UNEP*. Erişim adresi: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/how-artificial-intelligence-helping-tackle-environmental-challenges>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. UNFCCC.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2015). *Paris Agreement*. Paris: UNFCCC.
- Van den Bergh, T. (2022, 22 Kasım). How artificial intelligence can help us prepare for climate adaptation. *WEF*. Erişim tarihi: <https://www.weforum.org/agenda/2022/11/how-artificial-intelligence-can-prepare-us-for-climate-adaptation/#:~:text=It%20enables%20interactive%20mapping%20of,strategies%20for%20sustainable%20forest%20management>
- World Economic Forum (WEF) (2022). FireAid-AI to predict and fight wildfires. WEF. Erişim adresi: <https://www.weforum.org/projects/fireaid-ai-to-predict-and-fight-wildfires>

EXTENDED SUMMARY

Introduction

It is very important to develop policies and implement practices in order to take urgent measures to combat climate change, which is at the crisis level today. When we look at the UNFCCC and Paris Climate Agreement processes, where international climate change policies are determined and negotiations are carried out, two important strategies in the fight against climate change are; reduction of greenhouse gas emissions (mitigation) and adaptation to the currently observed and probable effects of climate change.

Today, the use of artificial intelligence brings important opportunities in line with the realization of the mitigation and adaptation actions and in the fight against climate change. Applications that include multi-purpose tools and techniques that can be used for the management, control, modelling and improvement of different processes are defined as artificial intelligence.

Background

Especially, decision makers and researchers have the opportunity to use the results obtained by processing and synthesizing huge amounts of data in their projects, policy development processes and different applications, thanks to the opportunities offered by artificial intelligence. Undoubtedly, this is a preferred issue in terms of providing the opportunity to take immediate action on climate change action. However, on the other hand, the use of artificial intelligence in different fields, especially the issue of climate change, brings with it an increase in the context of greenhouse gas emissions that cause climate change and new ethical and social risks. In this respect, it is essential to evaluate the use processes of artificial intelligence systems in the context of climate change.

The contribution of this study to the literature; is to associate a problem such as climate change, which has reached the level of crisis today, with a widely used subject such as artificial intelligence and to deal with it in an integrated manner within the scope of current reports and scientific literature and in the context of different uses. In this way, all the positive and negative aspects of the use of artificial intelligence in combating climate change were examined and all stages of artificial intelligence equipment and applications, including the production, use and waste processes, were evaluated within the scope of greenhouse gas reduction and adaptation to the effects of climate change. In this context, issues that need to be taken into consideration in policy development and implementation processes have been put forward.

The study also evaluated aspects of artificial intelligence applications that should be considered in ethical and social contexts. In the literature research, it was seen that there are not many studies dealing with the subject within the scopes specified in Turkey, and some studies have examined the subject in a single subject and/or on the basis of certain sectors (agriculture, energy, water, etc.).

Aim

The aim of this study is to evaluate the opportunities and problems created by artificial intelligence within the scope of combating climate change.

Research Questions

- What are the opportunities provided by artificial intelligence within the scope of combating climate change?
- What are the negativities and problem areas caused by the use of artificial intelligence in the context of climate change?

Method

Relational research model was used as the study method in addressing these research questions. It is aimed to establish the relationship between the use of artificial intelligence and the activities

of combating and adapting to climate change. In the study, besides the academic literature, EU, UN, OECD, IPCC reports and scientific and statistical data of different institutions and organizations were used and, in this context, different scientific and statistical data were used. Case studies were also evaluated.

Findings

The following findings were obtained:

- Artificial intelligence brings important gains in the fight against climate change, enabling decision-making processes to be carried out effectively and quickly.
- Processes that prevent the emergence of ethical problems in the acquisition and use of accurately produced, up-to-date data in data acquisition, which is the basis of all artificial intelligence applications and systems, should be defined.
- The use of artificial intelligence applications can cause greenhouse gas emissions and high energy consumption, which aggravate the negative effects of climate change.
- Developing strategies for low and/or net-zero emissions in the waste management stages after the production, use and end of life of artificial intelligence equipment and the use of renewable energy resources in all these stages are important strategies in terms of reducing negative consequences.
- The relationship between artificial intelligence and climate change should be addressed in an integrated manner in all sectors and at all management levels, and certain technical, legal and ethical standards should be determined in order to reach responsible and sustainable artificial intelligence practices in determining national and international policies.

Conclusions

Increasing demand for fossil-based energy is essentially one of the main causes of climate change. One of the areas where the use of this energy is the highest is artificial intelligence applications. Artificial intelligence is a combination of data, algorithms and computational technologies. The relationship between artificial intelligence and climate change is essentially a two-way relationship. Because, using artificial intelligence, calculations and projections can be made in order to reduce the effects of climate change, and thus important information can be created for decision makers.

However, there are some problem areas that artificial intelligence has revealed in the context of climate change. An artificial intelligence application used to combat climate change can also be a source that contributes negatively to the problem of climate change and also creates ethical problems.

The amount of energy use of the data centers where the said data, which enables the artificial intelligence systems to work, is increasing in parallel with the increasing demand for artificial intelligence technologies, and in this context, the greenhouse gas emissions produced by these centers are also increasing. In this context, it is of great importance to use and develop technologies for energy efficiency in data centers.

Managing the use of artificial intelligence and introducing certain limitations in order to achieve national and global greenhouse gas reduction and compliance targets is another approach that can be considered within the scope of reducing emissions from artificial intelligence applications.

It is undoubtedly important to use the advantages offered by artificial intelligence within the scope of combating climate change. However, in this context, it is essential to manage the processes well and to direct them constructively.