



Teknoloji Yürütme Komitesi Yirmi

03 Eylül 2024

Dokuzuncu Toplantısı

17-20 Eylül 2024 (20 Eylül TEC-CTCN Danışma Kurulu Ortak oturumu)

İklim eylemi için yapay zeka üzerine taslak teknik doküman

Kapak notu

I. Arka plan

- Döngüsel çalışma planının (2023-2027) Faaliyet A.4.1'i uyarınca, GEM, iklim çözümlerinin etkinleştiricileri olarak yapay zeka (AI) ve uygulamalı makine öğreniminin rolünü araştırmaktadır.
- TEC 28'de, TEC, iklim eylemi için yapay zeka üzerine teknik bir belgenin geliştirilmesi için taslak bir kavram notunu değerlendirdi ve dijital teknolojiler faaliyet grubundan kavram notunu toplantıdaki tartışmayı yansıtacak şekilde revize etmesini ve teknik belgeyi TEC 29'da değerlendirilmek üzere hazırlamasını istedi.
- Bu faaliyetin uygulanmasını destekleyen TEC faaliyet grubu oturumlar arası çalışmaya devam etmiş ve revize edilmiş kavram notuna dayanarak UNIDO tarafından desteklenen bir danışmanın yardımıyla teknik dokümanı geliştirmiştir. Teknik dokümanın geliştirilmesi, özellikle EAGÜ'ler ve SIDS'ler olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde yapay zeka destekli iklim eylemlerine ilişkin uzman görüşlerini ve örneklerini talep etmek için bir akran değerlendirme sürecini de içermiştir.
- TEC 29'da, bir danışman tarafından desteklenen faaliyet grubunun eş liderleri, ekte yer alan taslak teknik dokümanı sunacaktır.

II. Notun kapsamı

- Bu notun ekinde, iklim eylemi için yapay zekaya ilişkin taslak teknik doküman yer almaktadır.

III. Teknoloji Yürütme Komitesi tarafından beklenen eylem

- TEC, ekte yer alan taslak teknik belgeyi değerlendirmeye ve TEC 29'dan sonra taslağa son şeklini vermek amacıyla faaliyet grubuna rehberlik etmeye davet edilecektir.

Annex

İklim eylemi için yapay zeka üzerine taslak teknik doküman

İklim Eylemi için Yapay Zeka ve Uygulamalı Makine Öğrenimi: Gelişmekte Olan Ülkelerde Azaltım ve Adaptasyonun İlerletilmesi

Taslak Teknik Belge

Yönetici Özeti

İklim değişikliği, 21. yüzyılın en acil sorunlarından birini teşkil etmekte ve etkilerini daha etkili bir şekilde hafifletmek ve uyum sağlamak için birçok toplumu, sektörü, yaklaşımı ve aracı kapsayan hızlı bir eylem gerektirmektedir. En Az Gelişmiş Ülkeler (LDCs) ve Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletleri (SIDS) dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkeleri orantısız bir şekilde etkilemektedir. Bu bölgeler, sosyo-ekonomik istikrarlarını ve çevresel dirençlerini tehdit eden yükselen deniz seviyeleri, aşırı hava olayları ve değişen tarımsal koşullar gibi iklim etkilerine karşı oldukça savunmasızdır. Yapay Zekanın (AI), çeşitli alanlardaki uygulamaları aracılığıyla iklim eylemini hızlandırmak için önemli fırsatlar sunduğu tespit edilmiştir. Yapay zekadan yararlanmak, azaltım çabalarını desteklemede ve dayanıklılığı artırmada önemli bir rol oynayabilir. YZ, iklimle ilgili sorunları izlemek, tahmin etmek ve yönetmek için güçlü araçlar tasarlamak için kullanılabilir, böylece etkili iklim eylemi için veriye dayalı içgörüler ve yenilikçi çözümler sağlar.

Bu rapor, gelişmekte olan ülkelerde, özellikle EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde iklim sorunlarının ele alınmasında YZ'nin potansiyelini araştırmakta, uygulamalarını ve faydalarının yanı sıra ilgili zorlukları ve riskleri incelemekte ve bu bölgelerde sürdürülebilir ve kapsayıcı entegrasyonunu teşvik etmek için politika önerileri sunmaktadır. Rapor, Teknoloji Mekanizması ve İklim Eylemi için Yapay Zeka Girişimi ile COP 28 ve CMA 5'in ilgili kararlarında (9/CP.28, 1/CMA.5, 14/CMA.5 sayılı kararlar) belirtilen yetkilerle uyumludur ve BM Genel Kurulu'nun yapay zeka konusundaki kararına yanıt vermektedir. Raporun özel hedefleri dört yönlüdür:

1. Gelişmekte olan ülkelerde azaltım ve adaptasyon için dönüştürücü iklim çözümlerini ilerletmek ve ölçeklendirmek için teknolojik bir araç olarak yapay zekanın rolünü, EAGÜ'lere ve SIDS'e odaklanarak keşfedin.
2. Enerji tüketimi ve bunun iklim ve çevre üzerindeki etkileri, veri güvenliği, toplumsal cinsiyet önyargısı, dijital uçurum ve zararlı uygulamalarla ilgili endişeler dahil olmak üzere, özellikle İklim Eylemi ile ilgili olanlar olmak üzere, yapay zekanın ortaya çıkardığı zorlukları ve riskleri ele alın.
3. Belirlenen risk ve zorlukların üstesinden gelirken, dönüştürücü iklim çözümlerini ilerletmek ve ölçeklendirmek için teknolojik bir araç olarak yapay zekadan yararlanma konusunda politika yapıcılara tavsiyelerde bulunmak.
4. Gelişmekte olan ülkelerde, özellikle EAGÜ'ler ve SIDS için iklim değişikliğinin ele alınması ve çevresel sonuçların iyileştirilmesinde mevcut yapay zeka uygulamalarının fırsatlarını ve zorluklarını sergilemek.

Bu teknik rapor, iklim eylemi için YZ'nin mevcut faydalarını, risklerini ve zorluklarını değerlendirmek için ayrıntılı bir literatür taramasını entegre ederek kapsamlı bir yaklaşım benimsemektedir. Dahil edilecek ilgili vaka çalışmalarını belirlemek için iklim eylemi için YZ girişimlerinde yer alan paydaşlarla yarı yapılandırılmış görüşmeler içermektedir. Bu, daha fazla titizlik ve kalite güvencesi ve daha fazla netlik ve etki için hakemli kaynaklar tarafından desteklenmektedir.

Temel bulgular, gelişmekte olan ülkelerde azaltım ve adaptasyon için dönüştürücü iklim çözümlerinin ilerletilmesi ve ölçeklendirilmesinde yapay zekanın kilit rolünün altını çizmektedir:

- Yapay zeka destekli uydu görüntüleri ve sensör ağı analizi, deniz seviyesinin yükselmesi, ormansızlaşma, sera gazı (GHG) emisyonları ve iklimle ilgili olayların izlenmesini önemli ölçüde geliştirerek bilinçli karar verme için değerli bilgiler sağlar.

- Yapay zeka algoritmaları, büyük veri kümelerini analiz ederek, kalıpları tanımlayarak ve kesin tahminler üreterek aşırı hava olaylarının tahminini ve ekosistemler üzerindeki iklim etkilerinin değerlendirilmesini geliştirir. Bu, daha doğru ve eyleme geçirilebilir içgörüler sağlayarak riskleri azaltmak ve dayanıklılığı artırmak için uyarlanabilir stratejilerin geliştirilmesini kolaylaştırır.
- Yapay zeka müdahaleleri balıkçılık, tarım ve su yönetimi uygulamalarını optimize ederek, gelişmiş kaynak verimliliği ve koruma çabaları yoluyla sürdürülebilirliği teşvik etmektedir.
- AI ve Nesnelerin Yapay Zekası (AIoT), gerçek zamanlı enerji optimizasyonu, öngörücü bakım ve arz ile talebin dengelenmesini sağlayarak enerji sistemlerinin verimliliğini artırır. AIoT ayrıca enerji sistemlerinin gelişmiş izlenmesi, kontrolü ve otomasyonunun yanı sıra yenilenebilir kaynakların şebekeye entegrasyonu yoluyla yenilenebilir enerji teknolojilerinin dağıtımını da desteklemektedir. Bu, düşük karbonlu ekonomilere doğru yumuşak bir geçişi kolaylaştırır ve sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunur.
- Yapay zeka tarafından desteklenen tahmine dayalı analitik, daha doğru tahminler ve gerçek zamanlı risk değerlendirmeleri sağlayarak afete hazırlık ve afet sonrası iyileştirme çabalarına önemli ölçüde yardımcı olur. Bu, toplulukların potansiyel hasarı önemli ölçüde azaltan hedefli tahliyeler ve stratejik kaynak tahsisi gibi daha erken ve daha etkili hazırlık önlemlerini uygulamalarını sağlayarak toplumun direncini artırır ve sosyo-ekonomik etkileri en aza indirir. Felaketlerin ardından, yapay zeka odaklı analitik, yardım çabalarının ve kaynak dağıtımının koordinasyonunu optimize ederek iyileşme ve yeniden inşa süreçlerini hızlandırır.
- Yapay zeka araçları, çeşitli platformlar aracılığıyla kişiselleştirilmiş ve erişilebilir bilgiler sunarak iklim değişikliğinin etkileri konusunda farkındalığın artırılmasında ve eğitimde önemli bir rol oynamaktadır. Bunlar, içeriği belirli kitlelere göre uyarlayarak, karmaşık iklim verilerini anlaşılabilir ve eyleme geçirilebilir hale getirerek yerel toplulukların ve kuruluşların ilgisini çekmektedir. Yapay zeka, sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesinde aktif katılımı teşvik eder, böylece gerçek zamanlı içgörüler sağlayarak ve etkileşimli diyalogu teşvik ederek iklim eylem girişimlerine yaygın katılımı teşvik eder.

Bununla birlikte, iklim eylemi için yapay zeka, daha etkili ve kapsayıcı bir uygulama için ele alınması gereken önemli zorluklar ve risklerle karşı karşıyadır:

- YZ teknolojilerinin enerji ve su tüketimi, iklim çabalarına karşı risk oluşturmakta, yeşil YZ ve sorumlu kaynak yönetiminde yenilikler gerektirmektedir.
- Yetkisiz erişim, ihlaller, kötüye kullanım, gizlilik riskleri ve veri toplamadaki önyargılar dahil olmak üzere veri güvenliğine ilişkin endişeler, sağlam yönetim çerçeveleri ve etik yönergeler gerektiren kritik konulardır. Bu kaygılar, doğru ve güvenli veri toplamının bilgiye dayalı karar verme için elzem olduğu iklimle ilgili veriler için özellikle önemlidir. İklim verilerinin herhangi bir ihlali veya kötüye kullanımı, iklim değişikliğini ele alma çabalarını baltalayabilir, güvensizliğe ve politika geliştirme ve uygulama için potansiyel olarak zararlı sonuçlara yol açabilir.
- Elektriğe, ICT altyapısına, veri setlerine ve modellere eşit olmayan erişimle karakterize edilen dijital uçurum, gelişmekte olan ülkelerin yapay zeka odaklı çözümleri etkin bir şekilde kullanma becerilerini sınırlayarak iklim eylemini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu eşitsizlik, iklim verilerini toplama ve analiz etme, uyarlanabilir stratejiler geliştirme ve küresel iklim girişimlerine katılma kapasitelerini engellemektedir. Dijital uçurumun ele alınması, tüm bölgelerin iklim eylemine katkıda bulunabilmesini ve bundan faydalanabilmesini sağlamak için çok önemlidir. Eşit erişim olmadan, bu bölgeler iklim etkilerine karşı daha savunmasız hale gelebilir ve iklim değişikliğini hafifletmeye ve iklim değişikliğine uyum sağlamaya yönelik küresel çabaları zayıflatır. Bu nedenle, yapay zekaya adil ve hakkaniyetli erişime odaklanmak

teknoloji ve kaynaklar ile kapasite geliştirme girişimleri, bu açığı kapatmak ve dünya çapında kapsayıcı ve etkili iklim eylemini desteklemek için gereklidir.

- Önyargı, özellikle de YZ uygulamalarındaki cinsiyet önyargısı, kapsayıcı tasarım ve cinsiyete duyarlı politikalar yoluyla ele alınmazsa eşitsizlikleri sürdürebilir. Bu bulgu, iklim eylemiyle ilgilidir çünkü YZ'deki cinsiyet önyargısı, kaynaklara ve iklim girişimlerinden elde edilen faydalara eşit olmayan erişime yol açabilir. YZ uygulamaları kapsayıcı bir şekilde tasarlanmazsa, iklim değişikliğinden genellikle orantısız bir şekilde etkilenen kadınların karşılaştığı özel ihtiyaçları ve zorlukları göz ardı edebilirler. Bu önyargıyı ele almamanın etkisi, etkilenen tüm nüfusları tam olarak desteklemeyen iklim stratejileriyle sonuçlanabilir ve potansiyel olarak cinsiyet eşitsizliklerini daha da kötüleştirebilir. Toplumsal cinsiyet önyargısının ele alınması, iklim eyleminin herkes için daha eşitlikçi ve etkili olmasını sağlar.
- YZ, hedefli reklamcılık yoluyla tüketiciliği körükleyerek, fosil yakıt arama ve çıkarma faaliyetlerini yoğunlaştırarak ve iklimle ilgili yanlış bilgilerin yayılmasını artırarak çevresel zorlukların daha da kötüleşmesine katkıda bulunabilir ve bunların tümü küresel olarak çevresel sürdürülebilirlik çabaları için ciddi sorunlar teşkil etmektedir.

Bu zorlukların üstesinden gelmek, iklim eyleminde YZ çözümlerinin kapsayıcı ve etik açıdan sağlam bir şekilde uygulanmasını teşvik etmek ve böylece gelişmekte olan ülkelerdeki topluluklar arasında faydaların eşit dağılımını sağlamak ve riskleri en aza indirmek için kilit öneme sahiptir.

YZ, EAGÜ'ler ve SIDS'ler de dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemini hızlandırma potansiyeline sahiptir ve bu potansiyeli etkili bir şekilde kullanmak için politika yapımcıların şunları yapması önerilmektedir:

- Gelişmekte olan ülkelerde iklim değişikliğini azaltma ve uyum stratejilerinde açık kaynaklı yapay zeka uygulamalarını teşvik etmek ve görev için en uygun araç olduklarında kullanılmalarını sağlamak.
- İklim eylemi için yapay zeka alanında uluslararası işbirliğini, kapasite geliştirmeyi ve bilgi paylaşımını teşvik etmek.
- Kapsayıcı ve sürdürülebilir politikalar ve yönetim yaklaşımları geliştirmek, veriye dayalı karar verme ve iklim politikalarına ve araştırmalarına erişim sağlamak.
- **Yapay zekanın enerji tüketimi ve karbon ayak izi, veri güvenliği, toplumsal cinsiyet önyargısı ve dijital uçurumu ele alarak:**
 - Karbon ayak izini azaltmak için enerji tasarruflu algoritmaların uygulanması, Küçük Dil Modellerinin (SLM'ler) kullanımının teşvik edilmesi ve yapay zeka altyapısı için yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi
 - Gizlilik, güvenlik ve etik kullanımı sağlamak için sağlam veri yönetimi çerçeveleri geliştirmek veri, yetkisiz erişim ve ihlallere karşı koruma
 - Farklı veri setleri kullanarak ve özellikle iklimle ilgili alanlarda toplumsal cinsiyete duyarlı politikalar oluşturarak toplumsal cinsiyet önyargısını azaltmak için kapsayıcı tasarım uygulamalarının hayata geçirilmesi
 - Yapay zeka teknolojisi ve kaynaklarına eşit erişimi teşvik etmek için gelişmekte olan ülkelerde altyapı geliştirme ve kapasite oluşturma girişimlerine yatırım yapmak.
- **Yerel bağlamlara ve önceliklere göre uyarlanmış yapay zeka araştırma, geliştirme ve inovasyonuna yatırım yaparak:**
 - Belirli iklim sorunlarını ve önceliklerini belirlemek için yerel topluluklar, hükümetler ve kuruluşlarla işbirliği yapmak
 - Farklı bölgelerin kendine özgü çevresel, sosyal ve ekonomik koşullarıyla uyumlu yapay zeka çözümleri yaratan araştırma girişimlerinin desteklenmesi
 - İlgili ve sürdürülebilir yerli çözümleri teşvik etmek için yerel yapay zeka inovasyon merkezlerine finansman ve kaynak sağlamak.

- **YZ güdümlü iklim stratejilerine yerli bilgi ve toplumsal cinsiyete duyarlı yaklaşımları entegre ederek:**
 - Yerli toplulukların geleneksel bilgilerinin iklim eylemi için kullanılan yapay zeka modellerine dahil edilmesi.
 - Tasarım, geliştirme ve uygulamanın tüm aşamalarına kadınları ve toplumsal cinsiyet uzmanlarını dahil ederek yapay zeka iklim stratejilerinin toplumsal cinsiyete duyarlı olmasını sağlamak.
 - Geleneksel bilgi ile modern teknoloji arasında köprü k u r a n , iklim adaptasyonu ve azaltım stratejilerinin etkinliğini artıran yapay zeka araçlarının geliştirilmesi.
- **İklim hedeflerine ulaşmada yapay zeka uygulamalarının etkisini, etkililiğini ve etik sonuçlarını değerlendirmek için sağlam izleme ve değerlendirme çerçeveleri oluşturmak:**
 - YZ'nin iklim hedeflerine ilişkin çevresel, sosyal ve ekonomik sonuçlar üzerindeki etkisini değerlendirmek için net ölçütler ve göstergeler geliştirmek.
 - YZ müdahalelerini etkinliklerine göre ayarlamak için düzenli izleme süreçlerinin uygulanması.
 - YZ projelerini denetlemek, etik kurallara uyulmasını sağlamak ve eşitsizliklerin veya çevresel zorlukların artmasını önlemek için etik inceleme kurullarının oluşturulması

Rapor, özellikle EAGÜ'ler ve SIDS'ler olmak üzere gelişmekte olan ülkelerdeki yapay zeka ve ilgili teknolojiler ile iklim esnekliği çabalarının karmaşık kesişiminde gezinen politika yapıcılar, uygulayıcılar ve araştırmacılar için kapsamlı bir rehber görevi görmekte ve somut iklim eylemi ve iyileştirilmiş çevresel sonuçlar için daha etkili ve kapsayıcı uygulama stratejilerini teşvik etmek için eyleme geçirilebilir içgörüler ve öneriler sunmaktadır.

İçindekiler

1. Giriş.....	10
2. Kavramsal Tanımlar ve Tartışmalar: İklim Eylemi için Yapay Zeka.....	13
3. Metodoloji.....	17
3.1. Literatür Taraması.....	18
3.2. 2017-2024 Zaman Çerçevesinin Gerekçelendirilmesi.....	19
3.3. Yarı Yapılandırılmış Mülakatlar.....	19
3.4. Akran Değerlendirmesi.....	20
4. Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Eylemi için Yapay Zeka.....	20
4.1. İzleme ve Veri Toplama.....	20
4.1.1. Uydu Görüntüleri ve İzleme Verilerinin Analizi.....	21
4.1.2. Nesnelerin İnterneti Cihazlarının ve Sensör Ağlarının Gücü.....	31
4.2 İklim Modellemesi ve Tahmini.....	38
4.2.1 Makine Öğreniminin İklim Modellemesindeki Dönüştürücü Rolü.....	38
4.2.2 İklim Senaryo Simülasyonlarına Yapay Zeka Katkıları.....	44
4.3. Kaynak Yönetimi.....	51
4.3.1. Balıkçılık Yönetimi ve Deniz Yaşamının Korunmasında Yapay Zeka Müdahaleleri.....	52
4.3.2. Tarım Yönetiminde Yapay Zeka Müdahaleleri.....	55
4.3.3. Diğer Kaynak Yönetimi için Yapay Zeka.....	59
4.4. Enerji Yönetimi.....	63
4.4.1. Enerji Yönetiminde Yapay Zeka Müdahaleleri.....	63
4.4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Verimli Kullanımı ve Yayılımı için Yapay Zeka Enerji Teknolojileri.....	65
4.5. Nakliye Yönetimi.....	69
4.5.1. Ulaştırma Yönetiminde Yapay Zeka Müdahaleleri.....	69
4.5.2. Sanayi Üretimi için Yapay Zeka.....	72
4.5.3. Yük Taşımacılığı Yönetimi için Yapay Zeka.....	74
4.6. Afet Riskinin Azaltılması.....	75
4.6.1. Afete Hazırlık için Yapay Zeka Desteği.....	75
4.6.2. Afet Sonrası İyileştirme ve Yeniden Yapılandırma için Yapay Zeka Desteği.....	78
4.7. İklim Eyleminde Üretken Yapay Zeka Uygulamaları.....	83
4.7.1. Üretken Yapay Zeka ve Büyük Dil Modelleri Üzerine Gelişen Araştırmalar.....	84
4.7.2. SIDS ve LDC'ler için LLMs Başvuruları.....	86
4.8. Eğitim ve Toplum Katılımı.....	90
4.8.1. İklim Eylemi için Yapay Zeka Farkındalığının Artırılması.....	90
4.8.2. İklim Değişikliği Eğitimi için Yapay Zeka Destekli Araçlar.....	91
4.8.3. Farkındalığı Artırmak ve Teşvik Etmek için Yapay Zeka Destekli Araçlar Sürdürülebilir Uygulamalar.....	93

4.8.4. Yerel Toplulukların Katılımına Yönelik Yapay Zeka Destekli Araçlar İklim Eylemi	95
4.8.5. Yerel Yapay Zeka Modellerine Yerli Bilginin Dahil Edilmesi .	97
4.9. Gelişmekte Olan Ülkelerde 98İklim Eylemi için Kilit Alanlardaki Yapay Zeka Uygulamalarına Genel Bir Bakış	
5. Teknoloji Mekanizmasının Uygulanması için Yapay Zeka Ortak Çalışması Program ve Teknoloji İhtiyaç Değerlendirme Çıktıları	101
5.1. Ortak Teknoloji Mekanizmasının Uygulanması için Yapay Zeka Çalışma Programı (2023-2027)	102
5.1.1. Ulusal İnovasyon Sistemleri	102
5.1.2. Su-Enerji-Gıda Sistemleri.....	104
5.1.3. Enerji Sistemleri104	
5.1.4. Binalar ve Dayanıklı Altyapı	105
5.1.5. İş ve Sanayi.....	105
5.1.6. Gelişen ve Dönüşen Uyum Teknolojileri.....	106
5.2. CTCN'nin Teknik Destek ve Kapasite Geliştirme Projelerindeki Rolü	107
5.3. TNA Sonuçlarının Uygulanması için Yapay Zeka.....	108
5.4. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini Destekleyen Yapay Zeka Destekli Çözümler	110
6. Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Eylemi için Yapay Zeka Kullanımının Riskleri ve Zorlukları.....	111
6.1. Enerji ve Su Tüketimi	111
6.2. Veri Güvenliği.....	117
6.3. Dijital Uçurum ve İklim Eylemi için Yapay Zekaya Eşit Erişim	120
EMPIRIC_AI: Sağlık için Siklon Riskinin Yapay Zeka Destekli Topluluk Projeksiyonları Pasifik Ada Ülkeleri ve Bölgelerinde Altyapı	123
6.4. Cinsiyet Önyargısı	128
6.4.1. Yapay Zekada Cinsiyet Önyargısı.....	128
6.4.2. Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Eylemi için Yapay Zeka Kullanımında Cinsiyet Önyargısı	132
6.5. Gençlik Katılımı	134
7. Türkiye'de Azaltım ve Uyum Eylemi için Dönüştürücü İklim Çözümlerinin için Yönelik Geliştirilmesi ve Ölçeklendirilmesi Yapay Zekanın Teknolojik Bir Araç Olarak Kullanılmasına Politika Seçenekleri Gelişmekte Olan Ülkeler	138
7.1. İklim Değişikliğini Azaltma ve Uyum Stratejilerinde Yapay Zeka Uygulamalarını Teşvik Etmek.....	138
7.2. Kapsayıcı ve Sürdürülebilir Yapay Zeka Politikaları Geliştirin	139
7.3. Yerli Bilgi ve Toplumsal Cinsiyete Duyarlı Yaklaşımların Bütünleştirilmesi	139
7.4. İklim Eylemine Gençlerin Anlamlı Katılımı.....	139
7.4.1. Politika Karar Alma Sürecinde Gençlik.....	140
7.4.2. Kapasite Geliştirme ve Beceri Geliştirme.....	140
7.4.3. Sürekli Destek ve Finansman	140
7.5. Sosyal Olarak Kapsayıcı Yapay Zeka Gelişimini Teşvik Edin.....	141
7.6. Uluslararası İşbirliği, Kapasite Geliştirme ve Bilgi Paylaşımının Teşvik Edilmesi	141

7.7. Sağlam İzleme ve Değerlendirme Çerçevelerinin Oluşturulması	142
7.8 Yapay Zeka Araştırma, Geliştirme ve İnovasyonuna Yatırım Yapmak ve Teşvik Etmek	142
8. İklim Eyleminde Yapay Zeka İçin Kavramsal Bir Çerçeve Geleceğe Bakış.....	142
8.1. Zamansal Ufuklar.....	143
8.2. Yapay Zeka Evriminin Temel Boyutları.....	144
8.3. Etki Alanları.....	144
8.4. Kesişen Temalar.....	145
8.5. Potansiyel Paradigma Değişimleri	146
8.6. Metodolojik Yaklaşımlar.....	147
8.7. Paydaş Perspektifleri	147
8.8. Belirsizlik Faktörleri	148
9. Sonuçlar ve Öneriler.....	149
9.1. Temel Bulguların Özeti.....	149
9.2. Uygulanabilir Öneriler	151
9.2.1 Yapay Zekanın İklim Değişikliğinin Azaltılması ve Adaptasyonuna Entegre Edilmesi Gelişmekte Olan Ülkelerde Stratejiler	152
9.2.2. İklim Teknolojisi Süreçleri ve Fonlama.....	155
10. Politika Yapıcılar, Araştırmacılar ve Uygulayıcılar için Eylem Çağrısı.....	158
10.1. Politika Yapıcılar.....	158
10.2. Araştırmacılar.....	158
10.3. Uygulayıcılar.....	159
11. Uygulama ve İzleme Çerçevesi.....	159
11.1. Stratejik Planlama ve Hedef Belirleme.....	159
11.2. Paydaş Katılımı ve Katılımı	159
11.3. Veri Yönetimi ve Güvenliği.....	159
11.4. Sürekli İyileştirme ve Adaptasyon.....	160
11.5. Finansman ve Kaynak Tahsisi	160
11.6. Politika Entegrasyonu ve Koordinasyonu.....	160
Kısaltmalar Listesi	161
Referanslar	163

1. Giriş

Yapay Zeka (YZ), YZ sistemlerinin mekanizmalarının ve uygulamalarının araştırılmasına ve geliştirilmesine adanmış bir disiplindir. Bir YZ sistemi, insan tarafından tanımlanmış belirli bir dizi hedef için içerik, tahminler, öneriler veya kararlar gibi çıktılar üreten mühendislik ürünü bir sistemdir. Makine Öğrenimi, modelin davranışının verileri veya deneyimi yansıtmaları için hesaplama teknikleri aracılığıyla model parametrelerini optimize etme sürecidir. Makine Öğrenimi (ML) tekniklerini kullanan yapay zeka sistemleri, çeşitli alanlarda derin potansiyele sahip dönüştürücü teknolojiler olarak hızla ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği, bu yeniliklerin etkili bir değişim yaratabileceği alanlar olarak öne çıkmaktadır. Araştırmalar, YZ'nin çevresel sürdürülebilirlik sonuçları ve iklim değişikliği sorunlarının ele alınması da dahil olmak üzere kalkınma hedeflerinin etkinleştiricisi olarak hareket edebileceğini, ancak aynı zamanda bazılarındaki engelleyici olabileceğini göstermiştir (Bibri 2024; Bibri ve ark. 2023; Chen ve ark. 2023; Jain ve ark. 2023; Leal Filho ve ark. 2022; Sandalow ve ark. 2023; Vinuesa ve ark. 2020).

YZ'deki son gelişmeler, iklim modelleme ve tahminini geliştirmek, çevresel izlemeyi iyileştirmek, afet müdahale mekanizmalarını düzenlemek, kaynak yönetimini optimize etmek, yenilenebilir enerji sistemlerini ilerletmek, uyarlanabilir stratejiler uygulamak ve kanıta dayalı politikaları etkinleştirmek için umut verici kullanımlar göstermiştir (örneğin, Bibri 2024; Bibri ve ark. 2024a; Chen ve ark. 2023; Kaack ve ark. 2022; Rolnick ve ark. 2023; Popescu ve ark. 2024; Rane ve ark. 2024).

Ayrıca, Paris Anlaşması, Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'ler), Birleşmiş Milletler'in YZ kararı ve Avrupa Birliği'nin YZ Yasası gibi uluslararası anlaşmalar ve çerçeveler, iklim eylemi için küresel gündemi belirlemektedir. Örneğin Paris Anlaşması, küresel sıcaklık artışını sınırlamak ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için ulusları bir araya getirmekte ve Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkıları (NDC'ler) yoluyla ulusal taahhütleri vurgulamaktadır. Ükelere iklim değişikliğinin etkilerini yavaşlatma ve bu taahhütleri zaman içinde güçlendirme taahhüdünde bulunan Paris Anlaşması'nın uygulanması, BM SKH'lerinin gerçekleştirilmesi için kritik önem taşımaktadır. Özellikle, SKH 13-İklim Eylemi- iklim değişikliği ve etkileriyle mücadele için acil eylemde bulunmaya odaklanarak iklimle ilgili zorlukları ele almanın küresel önceliğinin altını çizmektedir. Bu hedef, iklim değişikliğinin dünya üzerindeki herkesi bir şekilde etkileyecek bir felaket olduğunu belirtmekte ve SKH 13'ün ele alınmasına duyulan acil ihtiyacın altını çizdiği gibi, bunun ne anlama gelebileceği konusunda mevcut hazırlık eksikliğimizi vurgulamaktadır. COP28'de küresel envanter, küresel ısınmayı 1.5°C ile sınırlandırmak için küresel sera gazı emisyonlarının 2030 yılına kadar 2019 seviyelerine kıyasla %43 oranında azaltılması gerektiğini gösteren bilimsel kanıtları kabul ederken, Tarafların şu anda Paris Anlaşması hedeflerine ulaşma yolunda ilerlemediklerini belirtmektedir (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği 2023a).

Ayrıca, Mart 2024'te Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, güvenli, emniyetli ve güvenilir YZ sistemlerini teşvik etmeyi amaçlayan YZ konusunda dönüm noktası niteliğinde bir kararı kabul etmiştir (United Nations News 2024). 120'den fazla üye devlet tarafından desteklenen bu karar, YZ yaşam döngüsü boyunca insan haklarının korunmasını sağlarken, SKH'lerin ilerletilmesinde YZ'nin önemini vurgulamaktadır. Dijital uçurumu kapatmak, dijital okuryazarlığı artırmak ve YZ teknolojilerinin gelişmekte olan ülkelere eşit şekilde fayda sağlamasını temin etmek için küresel işbirliği çağrısında bulunmaktadır. Bu uluslararası taahhüt, küresel zorlukları ele almak için etik ve sorumlu YZ dağıtımını vurgulayarak, YZ'yi iklim eylem girişimlerine entegre etmek için önemli bir çerçeve oluşturmaktadır. YZ ile ilgili BM kararına ek olarak, Avrupa Birliği, AB'nin YZ Yasası aracılığıyla kapsamlı düzenlemeler getirmiştir. Bu düzenlemeler, YZ dağıtımında inovasyonu etik hususlarla dengelemeye yönelik küresel çabayı vurgulamaktadır.

İklim değişikliği küresel çapta önemli zorluklar yaratırken, etkilerinin özellikle En Az Gelişmiş Ülkeler (EAGÜ'ler) ve Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletleri (SIDS) için ağır olduğunu belirtmek gerekir. Kyoto Sözleşmesinden bu yana

1997 Protokolü, EAGÜ'lerdeki hızlı nüfus artışı ve kalkınma, bu bölgelerde iklim değişikliğini azaltma çabalarının artırılması ihtiyacının altını çizmiştir (Havukainen vd. 2022). SIDS, yüksek derecede maruz kalma ve kırılganlık ile karakterize edilen iklim değişikliğine karşı en savunmasız olanlar arasındadır. Kendilerine özgü koşulları, özellikle karşılaştıkları belirli zorluklar ve kısıtlamalarla ilgili olarak, iklim değişikliğine uyumun sınırlamaları konusunda daha odaklı çalışmalar yapılmasını gerektirmektedir (Leal Filho vd. 2021; Tokunaga vd. 2021). Özellikle, SIDS iklim değişikliğine asgari düzeyde katkıda bulunmakta veya neredeyse hiç sorumluluk taşımamaktadır, ancak benzersiz coğrafi ve sosyoekonomik koşulları onları iklim değişikliğinin etkilerine son derece duyarlı hale getirmektedir (Mohan 2023). Paris Anlaşması, gelişmiş ülkelerin yardım sağlamada liderlik etmeleri gerektiğini onaylamakta ve finansman için bir çerçeve sunmaktadır ve SIDS'in iklim hedeflerine ulaşması için önemli miktarda finansman gerekmektedir (Mohan 2023). SIDS, potansiyel faydalarının farkına vararak ve kendilerine özgü zorlukların üstesinden gelerek yapay zeka teknolojilerinin yaygınlaştırılmasına özellikle yatırım yapmaktadır. Bu ülkeler, benzersiz çevresel ve ekonomik bağlamları nedeniyle YZ ile ilişkili risklere karşı hassastırlar ve ayrıca YZ teknolojisinin olumlu etkilerini en üst düzeye çıkaran yönetişimi savunarak küresel sahnede önemli bir etkiye sahiptirler (Estier 2024). Bununla birlikte, mevcut YZ yönetim ortamı gerçekten de parçalıdır ve bu da SIDS ve LDC'ler için YZ teknolojilerinin potansiyelinden tam olarak yararlanmada zorluklar yaratmaktadır. Bu ülkelerin birçoğunun henüz kapsamlı YZ stratejileri olmamasına rağmen, iyi yönetilen dağıtımlara odaklanarak YZ'den faydalanmaları için hala önemli fırsatlar bulunmaktadır.

EAGÜ'ler ve SIDS, uyum tedbirlerini uygulamak için sınırlı kapasiteleri veya kaynaklarının yanı sıra yükselen deniz seviyeleri, aşırı hava olaylarının artan sıklığı ve yoğunluğu ve değişen yağış modelleri gibi iklim risklerine yüksek oranda maruz kalmaları nedeniyle iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı özellikle savunmasızdır. Bu zorlukların ele alınması, özel ihtiyaçlarına ve koşullarına göre uyarlanmış hem uyum hem de azaltım stratejileri gerektirmektedir (Havukainen vd. 2022; Leal Filho vd. 2020, 2021; Tokunaga vd. 2021).

YZ, doğal afetler için erken uyarı sistemlerini iyileştirerek (Kuglitsch ve ark. 2022), değişen iklim koşullarıyla başa çıkmak için tarımsal uygulamaları optimize ederek ve su kaynaklarını daha verimli bir şekilde yöneterek bu bölgelerde iklim direncini artırmak için yenilikçi çözümler sunarak (Jain ve ark. 2023; Leal Filho ve ark. 2022) özellikle dönüştürücü olabilir. Yapay zeka odaklı araçlar, yerel uyum stratejilerini desteklemek, kaynak tahsisini optimize etmek ve iklim tehlikelerine karşı dayanıklılığı artırmak için kesin ve zamanında veri sağlayabilir.

Bununla birlikte, yapay zekanın iklim eylemine entegrasyonunda zorluklar da yok değil. YZ'nin yıkıcı kapasitesi inovasyonu teşvik etmeye devam ederken, enerji tüketimi, veri güvenliği, cinsiyet önyargısı ve dijital uçurum gibi olumsuz çevresel, etik ve toplumsal etkileri konusunda endişeler artmaktadır. YZ modelleri, özellikle DL ve GenAI ve ihtiyaç duydukları hesaplama kaynakları oldukça enerji yoğunudur ve düzgün yönetilmedikleri takdirde çevresel veya iklimsel faydalarını potansiyel olarak dengeleyebilir (Brevini et al. 2021; Dolby 2023; Ligozat et al. 2021; Luccioni 2023; Strubell et al. 2019; Saenko 2023).

Dahası, etkili YZ uygulamaları sağlam ve güvenilir veriler gerektirir, ancak EAGÜ'ler ve SIDS genellikle veri kıtlığı, yüksek kaliteli verilere sınırlı erişim ve veri güvenliği ile ilgili endişelerle ilgili zorluklarla karşı karşıyadır. YZ ve onu destekleyen veri altyapıları, makine öğrenimi algoritmalarını etkili bir şekilde beslemek için sürekli veri toplanmasını gerektiren yeni bir paradigma ortaya koymaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için kilit sorunlardan biri veri kıtlığıdır. YZ model çıktılarının kullanılabilirliği büyük ölçüde yüksek kaliteli verilerin mevcudiyetine bağlı olsa da, kural tabanlı + ML yöntemleri, fizik bilgisine dayalı ML ve alan bilgisine dayalı ML gibi hibrit yaklaşımlar veri verimliliğini önemli ölçüde artırabilir. Bu yöntemler, özellikle sınırlı veri ve alan bilgisine sahip senaryolarda kullanışlıdır ve mevcut bilgilerin daha etkili bir şekilde entegre edilmesini ve kullanılmasını sağlar.

Yeterli veri olmadan, YZ için potansiyel kullanım durumları önemli ölçüde sınırlıdır. İklim değişikliğindeki veri kıtlığı, mevcut literatürde yeterince araştırılmamış olan YZ gibi kaynaklara eşit olmayan erişimin daha geniş bir sorununu yansıtmaktadır (Walsh ve ark. 2020). Örneğin, yerel iklim projeksiyonları ve hava durumu tahminleri de dahil olmak üzere, gelişmekte olan ülkelerde tarım uygulamalarını optimize etmek için gerekli olan dijital veriler seyrek (Balogun ve ark. 2020). Veri kullanılabilirliği ve erişim sorunlarının ele alınması, iklim değişikliği için YZ ve makine öğrenimi odaklı çözümlerin başarılı bir şekilde uygulanması için çok önemlidir. Ne olursa olsun, YZ ve makine öğrenimi teknolojilerinin entegrasyonu yeni güvenlik tehditleri ve güvenlik açıkları ortaya çıkarmakta, bu da veri bütünlüğünü ve gizliliğini korumak için sağlam güvenlik önlemlerinin uygulanmasını gerekli kılmaktadır (Goldblum vd. 2022; Paracha vd. 2024; Rosenberg vd. 2021; Wazid vd. 2022).

Ayrıca, YZ teknolojilerine ve internet bağlantısına erişimdeki eşitsizliklerle karakterize edilen dijital uçurum, özellikle uzak veya yetersiz hizmet alan bölgelerde YZ teknolojilerinin adil bir şekilde benimsenmesini engelleyebilir (Celik 2023; Lutz 2019; van der Zeeuw et al. 2019). Gelişmekte olan ülkeler, özellikle de iklim değişikliğinden orantısız bir şekilde etkilenen EAGÜ'ler, genellikle YZ odaklı çözümlerden tam olarak yararlanmak için gerekli altyapı, kaynak ve uzmanlıktan yoksundur. Benzer şekilde, YZ geliştirmedeki cinsiyet önyargısı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde iklim eylemi için YZ'nin etkili bir şekilde kullanılmasının önünde önemli bir engel teşkil etmektedir (Ozor vd. 2023; UNFCCC 2023). Dikkatli bir şekilde tasarlanıp uygulanmazsa, YZ sistemleri algoritma geliştirme, veri toplama ve teknolojiyi yaratanların bakış açılarındaki önyargılar nedeniyle mevcut toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini sürdürebilir ve hatta yoğunlaştırabilir. Bu eşitsizliklerin ele alınması, kapsayıcı iklim eylemi ve yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojilerinin adil bir şekilde benimsenmesi için zorunludur. Dijital altyapıyı ve okuryazarlığı iyileştirmek ve toplumsal cinsiyet önyargısını azaltmak için çaba gösterilmelidir. Proaktif önlemler ve etik uygulamalar bu endişeleri etkili bir şekilde ele alabilir ve sürdürülebilir bir gelecek için çalışabilir.

YZ, Paris Anlaşması kapsamında birçok ülkenin en son NDC'lerinde belirgin bir şekilde yer almaktadır. Ülkeler, enerji verimliliğini artırarak ve iklim direncini geliştirerek iklim hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmak için YZ'nin potansiyelini giderek daha fazla kabul etmektedir. BMİDÇS kapsamında kurulan Teknoloji Mekanizmasının uygulama kolu olarak faaliyet gösteren İklim Teknolojisi Merkezi ve Ağı (CTCN), iklim eylemi için YZ'yi aktif olarak desteklemekte, teknik yardım sağlamakta, bilgi paylaşımını teşvik etmekte ve iklim teknolojilerine erişimi kolaylaştırmaktadır. CTCN, girişimleri aracılığıyla çok sayıda ülkenin iklim direncini ve azaltım çabalarını artırmak ve iklim hedeflerine ulaşmak için YZ'den yararlanmasına yardımcı olmuştur. Örneğin, CTCN, gelişmekte olan ülkelere gelen, iklim verilerinin toplanması ve analizi, afet risk yönetimi, yenilenebilir enerji optimizasyonu, **sürdürülebilir tarım, su kaynakları yönetimi, biyolojik çeşitliliğin korunması, politika desteği ve geliştirilmesi**, kapasite geliştirme ve küresel bir teknoloji şirketleri ve kurumları ağından yararlanarak ülkelerin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış yasal ve düzenleyici çerçeveler dahil olmak üzere çok sayıda teknoloji talebini **desteklemiştir**. Genel olarak CTCN, teknoloji uzmanları ve kurumlarından oluşan küresel bir ağ aracılığıyla gelişmekte olan ülkelerin benzersiz ihtiyaçlarına cevap vererek düşük karbonlu ve ıklime dirençli kalkınma için çevreye duyarlı teknolojilerin hızlandırılmış transferini teşvik etmektedir.

Ülkeler NDC'lerini ve Teknoloji İhtiyaç Değerlendirmelerini (TNA'lar) güncelledikçe, YZ'nin bu taahhütleri desteklemedeki rolü giderek daha belirgin hale gelmektedir. Bu arada CTCN, çeşitli iklim projelerinde YZ çözümlerinin kullanılmasını destekleyerek teknolojinin hem azaltım hem de uyum çabalarında önemli ilerleme sağlama potansiyelini ortaya koymuştur. Ayrıca, UNFCCC'nin Microsoft ile ortaklığı, küresel karbon emisyonlarını izlemek ve Paris Anlaşması kapsamındaki ilerlemeyi değerlendirmek, şeffaflığı ve hesap verebilirliği artırmak için yapay zeka destekli bir platform oluşturmayı amaçlamaktadır (Microsoft News Center 2023).

Yukarıdaki arka plan çerçevesinde, raporun temel hedefleri dört yönlüdür:

1. Gelişmekte olan ülkelerde azaltım ve adaptasyon için dönüştürücü iklim çözümlerini iletirmek ve ölçeklendirmek için teknolojik bir araç olarak yapay zekanın rolünü, EAGÜ'lere ve SIDS'e odaklanarak keşfedin.
2. Enerji tüketimi ve bunun iklim ve çevre üzerindeki etkileri, veri güvenliği, toplumsal cinsiyet önyargısı, dijital uçurum ve zararlı uygulamalarla ilgili endişeler dahil olmak üzere, özellikle İklim Eylemi ile ilgili olanlar olmak üzere, yapay zekanın ortaya çıkardığı zorlukları ve riskleri ele alın.
3. Belirlenen risk ve zorlukların üstesinden gelirken, dönüştürücü iklim çözümlerini iletirmek ve ölçeklendirmek için teknolojik bir araç olarak yapay zekadan yararlanma konusunda politika yapıcılara tavsiyelerde bulunmak.
4. Gelişmekte olan ülkelere, özellikle EAGÜ'ler ve SIDS için iklim değişikliğinin ele alınması ve çevresel sonuçların iyileştirilmesinde mevcut yapay zeka uygulamalarının fırsatlarını ve zorluklarını sergilemek.

Bu rapor aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır: **Bölüm 2**'de YZ'nin altında yatan temel kavramlar ve iklim eylemindeki uygulamaları tanıtmakta ve açıklanmaktadır. **Bölüm 3**, ilgili veri ve içgörülerini toplamak için yürütülen kapsamlı literatür taramasını, paydaşlarla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeleri ve akran değerlendirme sürecini kapsayan bu raporda kullanılan metodolojiyi özetlemektedir. **Bölüm 4**, gelişmekte olan ülkelere iklim eylemi için YZ'yi incelemekte, iklim direncini ve sürdürülebilirliğini artırmada YZ teknolojilerinin dönüştürücü potansiyelini gösteren vaka çalışmalarını ve en iyi uygulamaları sunmaktadır. Bu bölüm, başarılı YZ uygulamalarını vurgulamakta, etkileri ve diğer gelişmekte olan ülkeler tarafından benimsenebilecek öğrenilen dersler hakkında ayrıntılı bilgiler sunmaktadır. **Bölüm 5**, Teknoloji Mekanizması Ortak Çalışma Programı ve Teknoloji İhtiyaç Değerlendirmeleri (TNA) sonuçlarının uygulanmasında YZ'nin rolünü araştırmakta ve YZ'nin bu çerçeveleri geliştirmesi için fırsatları tanımlamaktadır. **Bölüm 6**, özellikle enerji tüketimi, veri güvenliği, dijital uçurum ve cinsiyet önyargısına odaklanarak, gelişmekte olan ülkelere iklim eylemi için YZ dağıtımıyla ilgili riskleri ve zorlukları tartışmaktadır. **Bölüm 7**, gelişmekte olan ülkelere dönüştürücü iklim çözümlerini iletirmek ve ölçeklendirmek, belirlenen zorlukları ele almak ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için bir araç olarak YZ'den yararlanmak için politika seçenekleri sunmaktadır. **Bölüm 8, iklim eylemi gelecek görünümünde YZ için kavramsal bir çerçeve sunmaktadır.** **Bölüm 9**, raporun temel bulgularını özetleyen ve politika yapıcılar, araştırmacılar ve uygulayıcılar için YZ'yi geliştirmekte olan ülkelerdeki iklim stratejilerine etkili bir şekilde entegre etmek için uygulanabilir adımlar sunan sonuçlar ve öneriler sunmaktadır. **Bölüm 10**, bu paydaşların iklim eylemi ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek için işbirliği yapmaları ve YZ teknolojilerinden yararlanmaları için bir eylem çağrısıdır. **Bölüm 11**, gelişmekte olan ülkelere yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin pratik uygulaması için gerekli yolları ve stratejileri özetleyen uygulama çerçevesini detaylandırmaktadır.

2. Kavramsal Tanımlar ve Tartışmalar: İklim Eylemi için Yapay Zeka

YZ, tipik olarak insan bilişsel yetenekleri gerektiren görevleri yerine getirmek için tasarlanmış geniş bir teknoloji yelpazesini kapsar. Burada YZ'nin kavramsal tanımlarına ve ML, DL, Bilgisayarlı Görme (CV), Doğal Dil İşleme (NLP) ve Üretken YZ (GenAI) gibi ortak alt alanlarına veya etki alanlarına, özellikle de iklim eylemine yönelik uygulamalarına odaklanılmaktadır. Bu kavramların anlaşılması, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve uyum sağlanmasında YZ teknolojilerinden etkin bir şekilde yararlanmanın anahtarıdır.

YZ, genellikle insan zekası gerektiren karmaşık görevleri yerine getirebilen bilgisayarlar yaratmaya odaklanan bilimsel ve mühendislik disiplini. Algılama, öğrenme, muhakeme, problem çözme, dil anlama, dil üretme ve planlama gibi insan bilişsel süreçlerini ve davranışlarını simüle etmeyi amaçlayan geniş bir alandır. Bu, bilgisayarların insan benzeri yetenekleri ve eylemleri kopyalamasını sağlar. YZ sistemleri, kapsamlı veri kümelerini işleyebilir, kalıpları belirleyebilir, sonuçları tahmin edebilir ve işlemlerini yönetmek için bir dizi algoritmik kural kullanarak otonom olarak veya minimum insan müdahalesiyle kararlar alabilir.

Yapay zeka sistemleri, birbirini izleyen güncellemeler veya yinelemeler boyunca maruz kaldıkları yeni verilerden sürekli olarak öğrenerek alışılmadık durumlara da uyum sağlayabilir.

YZ sistemlerinin deneyim yoluyla performanslarını otonom olarak artırma kabiliyetine makine öğrenimi denir. Çağdaş YZ, açık programlama veya insan tanımlı desen açıklamalarına ihtiyaç duymadan büyük, bazen yapılandırılmamış veri kümelerindeki desenleri tanımlayan bir algoritmalar ve istatistiksel modeller koleksiyonunu içeren ML'ye büyük ölçüde güvenmektedir. Makine öğrenimi, çeşitli YZ modellerinin geliştirilmesinde ve işleyişinde temel bir bileşendir. Temel teknikleri, YZ modellerinin verilerden öğrenmesini, zaman içinde gelişmesini ve verilerden elde edilen içgörülere dayanarak karar yeteneklerini artırmasını sağlar (Sharifani ve Amini 2023; Shinde ve Shah 2018; Verma ve ark. 2024).

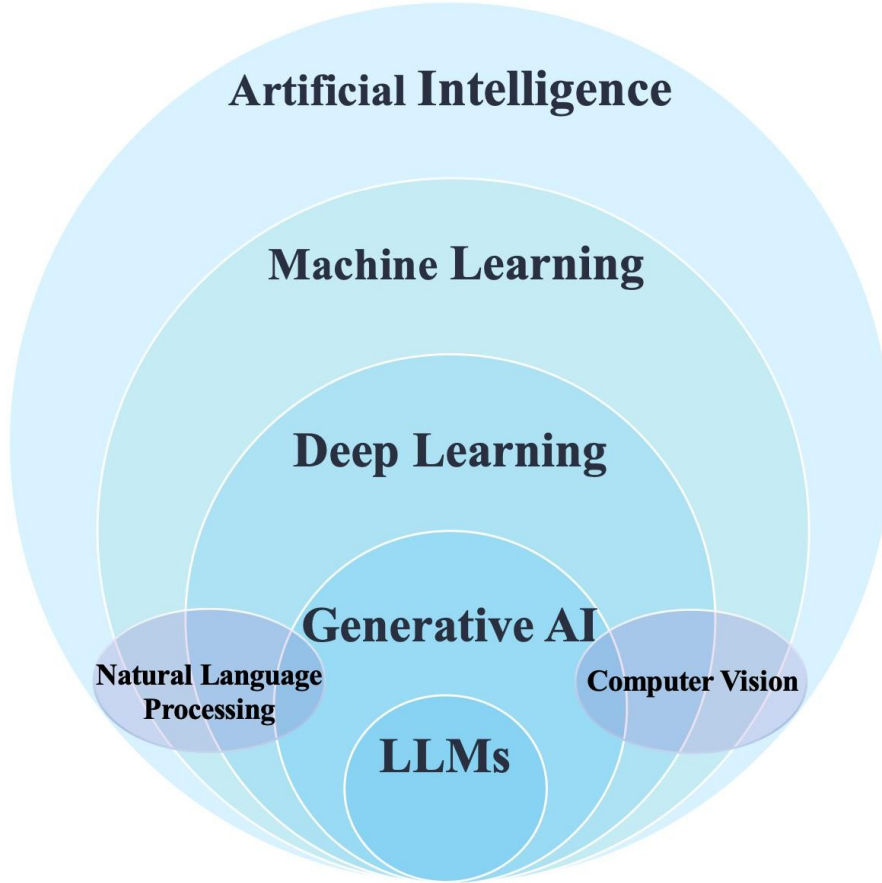
Ayrıca, makine öğrenimi modelleri denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme ve pekiştirmeli öğrenme gibi çeşitli paradigmalarda etkili bir şekilde kullanılabilir (Donti ve Kolter 2021; Naeem vd. 2023). **Denetimli öğrenmede, modeller etiketli veriler üzerinde eğitilir ve bu da onları belirli sonuçların önceden bilindiği sınıflandırma ve regresyon gibi görevler için ideal hale getirir. Öte yandan, denetimsiz öğrenme etiketli verilere dayanmaz ve kümeleme veya anormallik tespiti gibi veri kümelerindeki kalıpları ve yapıları tanımlamak için kullanılır. Takviyeli öğrenme, bir ajanın çevreden geri bildirim alarak karar vermeyi öğrendiği deneme yanılma yoluyla modellerin eğitilmesini içerir, bu da onu robotik veya oyun oynama gibi sıralı karar verme gerektiren uygulamalar için özellikle yararlı hale getirir.** Bu paradigmalardan her biri, karmaşık problemleri çözmek için benzersiz yetenekler ve yaklaşımlar sağlayarak çok yönlü ve güçlü makine öğrenimi uygulamalarının geliştirilmesine olanak tanır.

YZ, ML, DL, CV, NLP ve GenAI dahil olmak üzere çeşitli alt alanları kapsamaktadır (Şekil 1). Bunların her biri YZ uygulamalarının belirli yönlerine odaklanır ve sinerjik entegrasyonları ve işbirlikleri YZ sistemlerinin genel yeteneklerini ve çok yönlülüğünü artırır. DL, karmaşık veri modellerini analiz etmek ve yorumlamak için birçok katmana sahip Yapay Sinir Ağlarını (YSA) kullanan bir makine öğrenimi alt kümesidir. Bu katmanlar özellikle büyük miktarda veriyi ve gelişmiş veri odaklı görevleri işlemek için etkilidir. CV, makinelerin dünyadan gelen görsel verilere dayanarak yorum yapmasını ve karar vermesini sağlayan bir yapay zeka alt alanıdır. NLP, doğal dil aracılığıyla bilgisayarlar ve insanlar arasındaki etkileşime odaklanan bir YZ dalıdır.

Ek olarak, GenAI, öğrenilen kalıplara dayalı olarak istemlere yanıt olarak çıktılar olarak metin, görüntü, ses veya kod gibi yeni içerikler üretmek için büyük veri kümelerini kullanan bir model sınıfıdır. Önceden tanımlanmış kurallara dayalı görevleri yerine getiren veya yalnızca geçmiş verilere dayalı tahminlerde bulunan geleneksel yapay zeka sistemlerinin aksine GenAI, büyük veri kümelerindeki karmaşık kalıpları, yapıları ve ilişkileri öğrenerek orijinal çıktılar üretebilir. Önceden Eğitilmiş Temel Modeller (PFM'ler) (örneğin, Bommasani vd. 2022; Huang vd. 2024; Jakubik vd. 2023; Janowicz 2023; Liu vd. 2024; Zhou vd. 2023) geniş veri kümeleri üzerinde eğitilmiş ve dilin ötesine uzanan çok çeşitli görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmış çok yönlü modellerdir. Bunlar arasında, Büyük Dil Modelleri (LLM'ler) (örneğin, Brown ve ark. 2020; Wolf ve ark. 2020) insan dilini derinlemesine anlamak ve üretmek için özel olarak geliştirilmiştir. Bu, intermodal yük taşımacılığını optimize etmek için bilimsel ontolojiler üretmek (Tupayachi vd. 2024) ve iklim biliminin çeşitli yönlerinde derinlemesine, doğru ve erişilebilir içgörüler sağlamak (Thulke vd. 2024) gibi belirli alanları içerir. LLM'ler metin oluşturma, özetleme, çeviri ve soru yanıtlama gibi görevler için uzmanlaşmıştır, tutarlı ve bağlamla ilgili metin üretmede mükemmeldir ve bu da onları çeşitli metin tabanlı uygulamaları geliştirmenin ayrılmaz bir parçası haline getirir.

Bu alt alanların her biri, farklı görevlere göre uyarlanmış özel modellere sahiptir. **ML**, sürekli değişkenleri tahmin etmek için **Doğrusal Regresyon**, ikili sınıflandırma için **Lojistik Regresyon** ve **Karar Verme** gibi modelleri içerir.

Hem regresyon hem de sınıflandırma görevleri için **ağaçlar**. **DL**, görüntü tanıma için **Evrişimli Sinir Ağları (CNN'ler)**, sıralı veriler için **Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN'ler)** ve NLP için **Dönüştürücüler** gibi modellere sahiptir. **CV** alanında, **You Only Look Once (YOLO)** gibi modeller gerçek zamanlı nesne tespiti sağlarken, **Faster R-CNN** nesne tespiti ve görüntü tanıma için gereklidir. **NLP**, metin sınıflandırma ve duygu analizi için **BERT (Dönüşümcülerden Çift Yönlü Kodlayıcı Temsilleri)** ve dil modelleme ve dizi tahmini için **LSTM (Uzun Kısa Süreli Bellek)** gibi modellerden yararlanır. Bu çeşitli YZ modelleri ve teknikleri, YZ'nin farklı uygulama ve görevlerdeki yeteneklerinin genişliğini ve derinliğini göstermektedir.



Şekil 1. Yapay Zeka Yapay Zeka ve alt alanları veya etki alanları

Özellikle DL tekniklerinin görüntü tanıma, konuşma tanıma, dil üretimi ve robotik alanlarındaki başarıları YZ'ye olan ilgiyi yeniden canlandırmıştır. ML algoritmaları DL, CV, NLP ve GenAI görevlerinde çeşitli görevler için temel oluşturmaktadır (Azevedo ve ark. 2024; Castelli ve Manzoni 2022; Mahadevkar ve ark. 2022; Sharma ve ark. 2021). Bu uyarlanabilirlik, özellikle iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyon zorluklarının ele alınmasında faydalıdır. Örneğin, makine öğrenimi modelleri optimizasyon problemlerini çözmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Makine Öğreniminin Genetik Algoritmalar (GA) ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) gibi optimizasyon yöntemleriyle entegrasyonu, çevresel sürdürülebilirlik için optimum çözümleri keşfetme ve keşfetme yeteneğini geliştirir (Bibri ve ark. 2023). Özünde, optimizasyona uygulanan makine öğrenimi, çevresel zorlukları ele almak için sağlam araçlar sağlar.

ML ve DL teknikleri, CV modellerinin başarısının anahtarıdır ve görsel verileri doğru bir şekilde tanımlarını ve yorumlamalarını sağlar. CV, dünyadan gelen görsel bilgileri işlemek ve analiz etmek için ML/DL kullanır (örn.

et al., 2021; Zhao et al. 2024), görüntü ve video analizi içeren uygulamalar için gerekli hale getirmektedir (Ranjana et al. 2022; Sharma et al. 2021). CV ve ML, özellikle de DL arasındaki ilişki gerçekten de sinerjiktir. ML/DL'deki ilerlemeler CV yeteneklerini önemli ölçüde geliştirerek daha hassas nesne tespiti, görüntü sınıflandırması ve gerçek zamanlı video işlemeyi mümkün kılarken, CV görevlerinin yenilikleri, veri üretimi ve uygulama odaklı gereksinimleri ML/DL modellerinin geliştirilmesine ve iyileştirilmesine önemli ölçüde yardımcı olmaktadır. Bu karşılıklı ilişki, sürekli iyileştirmeleri ve disiplinler arası ilerlemeleri teşvik ederek her iki alanı da geliştirmektedir.

Benzer şekilde, NLP de insan dilini anlamak ve üretmek için makine öğrenimi ve DL tekniklerinden yararlanır. DL'nin güçlü öğrenme yetenekleri, NLP modellerinin dil çevirisi, duygu analizi ve sofistike konuşma araçlarının geliştirilmesi dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda mükemmelleşmesini sağlar (Torfi ve ark. 2020). Bu ilerlemeler, dil işleme görevlerinin doğruluğunu ve verimliliğini artırmakta ve farklı bağlamlarda ve alanlarda insan dillerinin daha incelikli bir şekilde anlaşılmasını ve üretilmesini sağlamaktadır. Bu ilerlemeler, dil işleme görevlerinin doğruluğunu ve verimliliğini artırmakta ve farklı alanlarda insanlar tarafından ulaşılamayan bir ölçekte ve hızda insan dilinin büyük ölçekli işlenmesini ve üretilmesini sağlayarak kapsamlı veri işleme ve analizi gerektiren uygulamalara olanak tanımaktadır.

Benzer şekilde GenAI, belirli bir veri kümesine benzeyen yeni veri örnekleri oluşturmak için ML ve DL tekniklerini kullanır. Bu, yapay zekanın yaratıcı potansiyelini vurgulayan görüntü, kod, metin ve ses üretmeyi içerir. Üretken modellerin yeni verileri sentezleme yeteneği, ML ve DL'deki eğitim veri kümelerini artırmak için önemli bir potansiyele sahiptir ve potansiyel olarak model sağlamlığını ve çeşitliliğini artırır (Lu ve ark. 2024). Bununla birlikte, bu alan hala gelişmektedir ve YZ tarafından üretilen veriler, veri çeşitliliğini azaltabilecek mod çökmesi gibi sorunlardan muzdarip olabilir. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve YZ tarafından üretilen verilerin tüm faydalarından yararlanmak için daha fazla araştırma ve dikkatli değerlendirme yapılması gerekmektedir.

GenAI modelleri, eğitim verilerinde bulunan kalıpları ve yapıları taklit eden orijinal içerik üretmek için büyük veri kümelerinden öğrenir (örneğin, Goodfellow vd. 2020; Kingma ve Dhariwal, 2018). GenAI için kullanılan ve LLM'leri içeren modellere örnek olarak GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer 3) (Brown vd. 2020), BERT (Wolf vd. 2020), CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training) (örn. Radford vd. 2021) ve Generative Adversarial Networks (GANs) (Goodfellow 2020) verilebilir. Bu modeller, etkili bir şekilde çalışmak için büyük ölçüde ML ve DL algoritmalarına dayanmaktadır. Özellikle, LLM'lerdeki son gelişmeler, GenAI'nin NLP'deki yeteneklerini önemli ölçüde geliştirmiştir. GenAI ve LLM'lerdeki son gelişmeler inovasyon için potansiyel sunarken, doğrudan iklim uygulamalarındaki faydaları henüz yeni olmakla birlikte hızla ilerlemektedir. GenAI modelleri, iklim tahminlerinde kullanılan modellerin sağlamlığını ve çeşitliliğini artırabilecek eğitim veri kümelerini artırmak için sentetik veri üretme konusunda umut vaat etmektedir. Bununla birlikte, bu gelişmeler hala yeni ortaya çıkmaktadır ve veri kalitesi, çeşitliliği ve potansiyel önyargılarla ilgili endişeler vardır (Huang, Bibri ve Keel 2024). Bu gelişmekte olan teknolojilerin sürekli araştırılması ve entegrasyonu, mevcut YZ çözümlerini nihayetinde artırarak iklim eyleminde daha fazla ilerleme sağlayabilir. Bu nedenle, geleneksel YZ ve makine öğrenimi kanıtlanmış bir geçmişe sahip olsa da, GenAI ve LLM'lerin potansiyelini keşfetmek, iklim çözümlerinde gelecekteki yenilikler için önemli bir araç olmaya devam etmektedir.

Yapay zeka bağlamında, makine öğrenimi ve DL gibi metodolojiler daha etkili iklim eylemleri için özellikle önemlidir. CV ve NLP gibi teknolojiler de çevresel verilerin izlenmesi ve analiz edilmesinde önemli roller oynayabilir. Ayrıca, GenAI, iklim eylemi için birçok faydalı YZ paradigmasından biri olmasına rağmen, simülasyonlar ve tahmine dayalı modelleme yoluyla katkıda bulunma potansiyeline sahiptir (McCormack ve Grierson 2024; Paramesha ve diğerleri 2024; Sha ve diğerleri (2024). İklim eylemi, aşağıdakileri amaçlayan uyumlu çabaları ve girişimleri gerektirir

İklim değişikliğinin nedenlerini azaltarak ve etkilerine uyum sağlayarak iklim değişikliğini ele almak. Bu, sera gazı emisyonlarının azaltılmasını, iklimle ilgili tehlikelere karşı direncin artırılmasını ve sürdürülebilir uygulamalara ve teknolojilere geçişi içerir. Yapay zeka teknolojileri toplu olarak, karmaşık iklim sorunlarını ele almak için gerekli olan gelişmiş veri analizi, tahmine dayalı modelleme ve karar verme yetenekleri sunar.

Makine öğrenimi algoritmaları, kalıpları belirlemek, tahminlerde bulunmak ve süreçleri optimize etmek için iklim değişkenleri, emisyonlar ve etkilerle ilgili geniş veri kümelerini analiz eder. Örneğin, makine öğrenimi hava durumu modellerini ve iklim eğilimlerini tahmin edebilir, çevresel değişiklikleri izleyebilir, kaynak kullanımını optimize edebilir ve yenilenebilir enerji sistemlerinin verimliliğini artırabilir. DL, birden fazla soyutlama katmanıyla karmaşık verileri işlemede mükemmeldir. DL modelleri, iklim değişikliğinin kritik göstergeleri olan ormansızlaşma veya kentsel ısı adalarını izlemek için uydu görüntülerini analiz etmek için kullanılabilir. CV yöntemleri, uydu görüntülerinden veya insansız hava araçlarından elde edilen görsel verilerin otomatik olarak analiz edilmesini sağlayarak arazi kullanımı değişiklikleri, buzulların geri çekilmesi, ormansızlaşma ve vahşi yaşam hareketleri gibi çevresel değişikliklerin gerçek zamanlı olarak izlenmesini kolaylaştırır ve çevre koruma çabaları için önemli veriler sağlar. Bu, iklim değişikliğinin etkisinin değerlendirilmesine ve uygun müdahalelerin uygulanmasına yardımcı olur. NLP yöntemleri, yapay zeka sistemlerinin bilimsel raporlardan, politika belgelerinden veya sosyal medyadan insan dili verilerini anlamasını ve işlemesini sağlayarak halkın duyarlılığını ölçer ve iklim değişikliği hakkındaki bilgileri etkili bir şekilde yayar. Bu yetenek, bilgilerin sentezlenmesine, içgörülerin oluşturulmasına ve iklim eylemi için karar vermenin sağlanmasına yardımcı olur. Halen geliştirme aşamasında olan GenAI, diğer yapay zeka yaklaşımları gibi, gelecek senaryolarını tahmin etmek ve bireysel veya bölgesel iklim verilerine dayalı uyarlanabilir stratejiler geliştirmek için iklim modellerini simüle edebilir.

Bu yapay zeka teknolojileri, veriye dayalı karar verme kapasitesini artırmakta, kaynak yönetimini optimize etmekte, aşırı hava olayları için tahmin yeteneklerini geliştirmekte ve sürdürülebilir politika ve teknolojilerin geliştirilmesini desteklemektedir. İklim eylemi çabaları, YZ'nin bu alanlardaki yeteneklerinden yararlanılarak önemli ölçüde desteklenebilir ve böylece iklim değişikliği tehditleri karşısında daha etkili azaltım ve uyum stratejilerine katkıda bulunabilir.

3. Metodoloji

Teknoloji Yürütme Komitesi (TEC) tarafından hazırlanan bu rapor, özellikle EAGÜ'ler ve SIDS dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkeler bağlamında yapay zekanın iklim eylemindeki rolünü incelemek için kapsamlı bir metodoloji kullanmaktadır. UNFCCC teknoloji mekanizmasının politika kolu olarak TEC'in stratejik rehberliği çok önemlidir. Yapay zeka teknolojilerinin araştırılmasının küresel iklim eylem hedefleriyle uyumlu olmasını ve teknolojiyle ilgili kararlarda üye devletlerin özel ihtiyaçlarını ele almasını sağlamak için raporun çerçevesini şekillendirir. Bu uyum, teknolojik işbirliğini teşvik etmeye yardımcı olur ve iklim direncini artırmak için ilgili YZ teknolojilerinin transferini kolaylaştırır. TEC'in rolü, bulguların küresel paydaşlara yayılmasına aktif olarak katıldığı ve YZ çözümlerinin ulusal politika ve stratejilere entegrasyonunu desteklediği için gözetimin ötesine uzanmaktadır. Raporun metodolojisi, YZ'nin faydalarını, risklerini ve zorluklarını değerlendirmek için kapsamlı bir literatür taramasını ve çeşitli içgörü ve deneyimleri toplamak için gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için YZ girişimlerinde yer alan paydaşlarla yarı yapılandırılmış görüşmeleri içermektedir. Bu görüşmeler, toplanan verilerin devam eden çabalarla doğrudan ilgili olmasını sağlayarak pratik ve etkili YZ uygulamalarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Buna ek olarak, TEC, raporun akademik ve pratik kalitesini yükselten ve tavsiyelerin sağlam, uygulanabilir ve gelişmekte olan ülkelerin, özellikle de SIDS ve LDC'lerin karşılaştığı nüanslı zorluklara göre uyarlanmış olmasını sağlayan titiz bir akran değerlendirme sürecini kolaylaştırmaktadır. TEC, çok disiplinli bir yaklaşım sağlayarak ve farklı uzman görüşlerini entegre ederek raporun faydasını ve gerçek dünya ortamlarında uygulanabilirliğini artırır.

3.1. Literatür Taraması

Gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için YZ'nin kullanımına ilişkin mevcut duruma genel bir bakış sağlamak için kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. İkincisi ile ilgili olarak, inceleme, bu bölgeleri iklim değişikliği için YZ bağlamında ele alan son teorik ve ampirik çalışmaların yanı sıra, olumlu sonuçları en üst düzeye çıkarmak ve iklim eylemi için YZ çözümlerinin uygulanmasındaki zorlukların veya engellerin üstesinden gelmek için benimseyebilecekleri gelişmiş ülkelerden mevcut en iyi uygulamaları ve dersleri içermektedir. Literatür taramasına yönelik metodolojik yaklaşım aşağıdaki adımları kapsamıştır:

Arama kriterlerinin tanımlanması: Bu ilk adım, ilgili literatürün kapsamlı ve hedefli bir şekilde incelenmesini sağlamak için kesin arama kriterlerinin belirlenmesini içermektedir. Anahtar kelimeler ve ifadeler, gelişmekte olan ülkelerde iklim eyleminde YZ'nin uygulanmasıyla ilgili geniş bir yayın yelpazesini yakalamak için dikkatlice seçilmiştir. Arama kriterleri, iklim azaltma ve uyum stratejilerinde mevcut YZ uygulamalarını araştırmayı, EAGÜ'lerden ve SIDS'ten vaka çalışmalarını analiz etmeyi ve YZ'nin benimsenmesinin faydalarını ve zorluklarını değerlendirmeyi içeren raporun tematik odağı ile uyumlu hale getirilmiş ve politika yapıcılar ve paydaşlar için YZ'nin bu bölgelerdeki iklim stratejilerini ilerletmedeki rolünü geliştirmek için öneriler sunmak amaçlanmıştır.

Veri tabanlarının seçilmesi: İlgili bilimsel makaleleri, araştırma makalelerini ve raporları kaynak olarak kullanmak için önemli akademik veri tabanlarından bir seçim yapılmıştır. Seçilen veri tabanları arasında Web of Science (WoS), Scopus, ScienceDirect, SpringerLink ve Google Scholar yer almaktadır. Bu veri tabanları, bu raporun tematik kapsamı ile uyumlu olarak, EAGÜ'ler ve SIDS dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde yürütülen çalışmalara özel olarak odaklanarak, iklim eyleminde yapay zeka uygulamaları üzerine çok disiplinli literatürü kapsamlı bir şekilde kapsadıkları için seçilmiştir.

Dahil etme ve hariç tutma kriterleri: Raporun önceden tanımlanmış temalarını doğrudan ele alan hakemli makaleler, araştırma makaleleri ve raporlar aracılığıyla en güncel bilgileri ve verilerin güvenilirliğini sağlamak için 2017-2024 zaman dilimindeki yayınlar dahil edilmiştir. Hakemli olmayan makaleler ve çalışmalar ile bu dönemin ötesinde olanlar, incelemenin bütünlüğünü ve uygunluğunu korumak için hariç tutulmuş ve yalnızca belirtilen bağlamlarda iklim eylemi için yapay zekanın kullanımıyla doğrudan ilgili yayınlara odaklanılmıştır.

Arama ve seçim: İlgili yayınlar, dahil etme ve hariç tutma kriterlerine dayalı olarak belirli anahtar kelimeler ve ifadeler kullanılarak seçilen veri tabanlarında kapsamlı bir arama yoluyla belirlenmiştir. Bu yayınlar daha sonra özetlerine ve araştırma hedeflerine uygunluklarına göre incelenmiştir.

Detaylı analiz: Bu aşama, özellikle EAGÜ'lere ve SIDS'lere odaklanarak, gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için YZ ile ilişkili faydalar, riskler ve zorluklar hakkında incelikli bilgiler elde etmek için seçilen bilimsel makalelerin, araştırma makalelerinin ve raporların kapsamlı bir incelemesini gerektirmiştir. Amaç, bu ülkelerde ve bölgelerde iklim eyleminde yapay zekanın benimsenmesinin sonuçlarıyla ilgili önceden tanımlanmış temaları analiz etmektir. Bu temalarla ilgili ayrıntılı bilgiler, temel bulgular, sonuçlar ve özel içgörüler de dahil olmak üzere seçilen çalışmalardan çıkarılmıştır. Her çalışma, bulguların sağlam ve güvenilir bir şekilde sentezlenmesini sağlamak için uygunluğunu, metodolojik titizliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek üzere eleştirel bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çıkarılan veriler, önceden belirlenmiş temalara veya ilgi konularına göre organize edilmiş ve kategorize edilmiş, uygulanan YZ teknolojileri, gözlemlenen olumlu sonuçlar, mevcut ve beklenen zorluklar, coğrafi veya bölgesel farklılıklar ve politika çıkarımları gibi konularda odaklanmış analizi kolaylaştırmıştır.

Bulguların sentezi: Bu aşama, gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için yapay zekanın mevcut manzarasına ilişkin tutarlı bir genel bakış sunmak için analiz sırasında toplanan içgörülerini birleştirmiş ve entegre etmiştir. Seçilen akademik makaleler, araştırma makaleleri ve raporlardan elde edilen verilerin sentezlenmesi, kalıpların, bağlamların tanımlanmasını sağlamıştır,

ve incelenen literatürdeki ilişkiler. Bu sentezlenmiş anlayış, raporun sonraki bölümlerinin temelini oluşturmakta ve gelişmekte olan ülkelerdeki iklim değişikliği sorunlarının ele alınmasında YZ teknolojilerinin dönüştürücü potansiyeline ilişkin tartışmalara rehberlik etmektedir. Sentez ayrıca, YZ iklim stratejilerini optimize etmek ve EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde iklim direncini ve sürdürülebilirliğini artırmak için fırsatlardan yararlanmak için öneriler de içermektedir.

3.2. 2017-2024 Zaman Çerçevesinin Gerekçelendirilmesi

YZ ve iklim eylemi için uygulanan modeller hakkındaki literatür taraması için 2017'den 2024'e kadar olan zaman çizelgesinin birkaç temel faktör nedeniyle iyi bir şekilde gerekçelendirildiğini belirtmek gerekir. İlk olarak, bu dönemde YZ, makine öğrenimi ve ilgili alanlarda hızlı teknolojik ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu ilerlemeler, iklim değişikliği de dahil olmak üzere karmaşık küresel zorlukların ele alınmasında YZ'nin yeteneklerini ve uygulamalarını önemli ölçüde geliştirmiştir. YZ'nin başta IoT olmak üzere diğer gelişmekte olan teknolojilerle entegrasyonu, çevresel sürdürülebilirlik alanındaki potansiyelini daha da güçlendirmiştir.

Özellikle iklim eylemini hedefleyen YZ araştırmalarının çoğalması, 2017'den bu yana özellikle dikkat çekicidir. 2017-2024 dönemi, literatür taramasının alandaki en son gelişmeleri ve içgörülerini içermesini sağlayarak en alakalı ve en yeni çalışmaları yakalamaktadır. Bu zaman çizelgesine odaklanılması, YZ teknolojilerinin nasıl geliştiğinin ve iklim eylemine nasıl uygulandığının kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamış ve en yeni eğilimleri ve yenilikleri yansıtmıştır.

Ayrıca, iklim değişikliğine ilişkin küresel farkındalık ve aciliyet 2017-2024 döneminde önemli ölçüde artmıştır. Paris Anlaşması, BM SKH ve UNFCCC gibi önemli uluslararası anlaşmalar ve çerçeveler, iklim değişikliğiyle mücadele için etkili önlemlere ve acil çözümlere duyulan ihtiyacın altını çizerek iklim eylemi için YZ teknolojilerinde araştırma ve inovasyonda bir artışa yol açmıştır. Bu artan farkındalık, hükümetleri, kuruluşları ve bilim camiasını iklim azaltımı ve adaptasyonu için YZ odaklı çözümleri keşfetmeye ve uygulamaya teşvik etmiştir. Ayrıca, bu dönemdeki pratik uygulamalar ve vaka çalışmaları, gerçek dünyadaki uygulamalarda YZ'nin etkinliği hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu örnekler, iklim eylemi için YZ kullanmanın pratik faydalarını ve zorluklarını vurgulamakta ve gelecekteki çabaları bilgilendirebilecek dersler ve en iyi uygulamaları sağlamaktadır.

Genel olarak, 2017'den 2024'e kadar olan döneme odaklanmak, literatür taramasının, iklim değişikliği ile mücadelede bu kritik dönemi karakterize eden önemli ilerlemeleri, artan farkındalığı ve pratik uygulamaları yakalayıp, YZ'nin iklim eylemindeki rolüne kapsamlı ve güncel bir genel bakış sunmasını sağlamaktadır.

3.3. Yarı Yapılandırılmış Mülakatlar

Gelişmekte olan ülkelerdeki YZ girişimlerinde aktif olarak yer alan bir dizi paydaşla, özellikle SIDS ve LDC'lerle ilgili YZ ile ilgili projelerin araştırılması veya uygulanmasıyla ilgilenenleri hedefleyen görüşmeler yapılmıştır. Görüşülen kişiler arasında, çeşitli alanlarda YZ teknolojilerinin dağıtımı ve yönetimi ile doğrudan ilgilenen akademik araştırmacılar, uygulayıcılar, endüstri profesyonelleri ve politika yapıcılar yer almıştır. Bu görüşmeler, YZ projeleriyle ilişkili fırsatlar ve zorluklarla ilgili derinlemesine içgörülerin ve ilk elden hesapların toplanmasında etkili olmuştur. Bu görüşmelerin birincil amacı, makalenin tematik bölümlerinde detaylandırılacak ilgili vaka çalışmalarını ortaya çıkarmak ve böylece YZ'nin gelişmekte olan ülkelerde, özellikle de SIDS ve LDC'lerde gerçek dünya ortamlarında nasıl uygulandığına dair somut örnekler sunmaktır. Bu yaklaşım, belgenin gerçek deneyimlere ve uygulamalara dayanmasını sağlayarak benzer bağlamlardaki paydaşlar için pratik değerini artırmıştır.

3.4. Akran Değerlendirmesi

Taslak teknik dokümanda yapılacak iyileştirmeler için spesifik öneriler sunmak üzere bir akran değerlendirme grubu oluşturulmuştur. Hakem değerlendirme grubunun bileşimi, iklim eylemi için YZ konusunda çeşitli bilgi ve bakış açılarını dahil etmek için stratejik bir çabayı yansıtmaktadır. Bu grup genellikle akademi, endüstri, STK'lar ve hükümet organlarından YZ, iklim bilimi, politika uygulaması ve ilgili konulardaki çalışmalarıyla tanınan uluslararası uzmanlardan oluşmaktadır. Bu kişiler, makalenin bilimsel titizliğini ve pratik uygunluğunu artıran bir dizi içgöründen yararlanmasını sağlamak için özel uzmanlıklarına göre seçilmiştir. Katılımlarının önemli yönleri şunlardır:

- **İçeriğin doğrulanması:** İçeriğin bilimsel doğruluğunu ve uygunluğunu doğrulamak için taslağı incelerler ve alandaki en son gelişmeleri ve anlayışları yansıtmalarını sağlarlar.
- **Vaka çalışmalarının dahil edilmesi:** Üyeler, iklim eyleminde yapay zekanın başarılı uygulamalarını veya devam eden girişimlerini, özellikle de SIDS ve LDC'lerin karşılaştığı zorluklarla ilgili olanları gösteren ek vaka çalışmaları önermektedir.
- **Yapısal geri bildirim:** Raporun okunabilirliğini, etkisini ve temel mesajları politika yapıcılarının yanı sıra uygulayıcılara ve araştırmacılara etkili bir şekilde iletme becerisini geliştirmek için raporun yapısı ve sunumu hakkında eleştirel geri bildirim sağlarlar.

Bu işbirlikçi yaklaşım, raporun yüksek akademik standartlara bağlı kalmasını sağlamanın yanı sıra hedef kitlenin pratik ihtiyaçlarına da hitap etmesine yardımcı olarak gerçek dünyada etki yaratma potansiyelini artırmaktadır.

Özetle, bu metodolojiye bağlı kalarak rapor, iklim eylemi için YZ hakkındaki mevcut bilgi durumunun kapsamlı ve eksiksiz bir değerlendirmesini sunmaya çalışmaktadır. Rapor, özellikle EAGÜ'ler ve SIDS'lere odaklanarak, YZ'nin gelişmekte olan ülkelerde iklim çözümlerini ve stratejilerini nasıl geliştirebileceğini anlamak için sağlam bir çerçeve oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu ayrıntılı yaklaşım, sonuçların ve önerilerin, YZ ve iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonunun disiplinler arası alanından elde edilen en son araştırmalara ve pratik içgörülere dayandırılmasını sağlar.

4. Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Eylemi için Yapay Zeka

Yapay zeka, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri kapsayan uygulamaları ile küresel iklim eylemini ilerletmede güçlü bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. YZ, özellikle iklim çözümleri için büyük miktarda verinin toplanması, analiz edilmesi ve kullanılması gereken çeşitli sektörlerde önemli iyileştirmeler sağlayabilir. Bu bölüm, farklı küresel bağlamlarda iklim sorunlarının ele alınmasında YZ'nin rolüne odaklanarak mevcut literatürün ve ampirik kanıtların kapsamlı bir analizini sunmaktadır. Analiz, gelişmekte olan ülkelerde, özellikle EAGÜ'lerde ve SIDS'de, YZ teknolojilerinden öğrenmek ve bunları uyarlamak için benzersiz fırsatları vurgulamaktadır. Bu bölgelerde YZ'nin benimsenmesiyle ilişkili hem faydaları hem de riskleri araştırırken, YZ dağıtımını etkileyen düzenleyici ortamları incelemektedir. Bu bölüm, SIDS ve LDC'lerden belirli vaka çalışmalarını inceleyerek, YZ'nin iklim değişikliği etkilerine karşı en savunmasız bölgeler arasında yer alan bu bölgelerde iklim eylemini nasıl etkili ve yenilikçi bir şekilde yönlendirebileceğini göstermektedir.

4.1. İzleme ve Veri Toplama

Etkili iklim eylemi büyük ölçüde sağlam izleme ve veri toplama stratejilerine dayanır. Uydu görüntüleri, IoT sensör ağları ve yapay zeka odaklı sistemler gibi gelişmiş teknolojiler, doğru ve kapsamlı çevresel verilerin elde edilmesi için gereklidir. Makine öğrenimi modelleriyle birlikte bu teknolojilerden yararlanmak, iklim dinamiklerinin anlaşılmasını geliştirir, çevresel değişikliklerin tahminini iyileştirir ve olumsuz etkileri hafifletmek için zamanında müdahalelerin uygulanmasını sağlar.

4.1.1. Uydu Görüntüleri ve İzleme Verilerinin Analizi

Uydu görüntülerinin, gelişmiş veri analizinin ve yapay zeka ve makine öğrenimi tekniklerinin kullanılması, iklim değişikliğinin izlenmesinde ve ele alınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Aşağıdaki alanlar bu konudaki kilit uygulamaları vurgulamaktadır:

4.1.1.1. Deniz Seviyesi Yükselmesi ve Kıyı Dönüşümlerinin İncelenmesi

Gelişmiş uydu görüntüleri ile yapay zeka ve makine öğrenimi modelleri, deniz seviyesindeki değişikliklerin ve kıyı dönüşümlerinin hassas bir şekilde izlenmesini sağlar. Bu, kıyı erozyonunun boyutunun izlenmesini, kıyı şeridi değişikliklerinin haritalanmasını ve fırtına dalgalanmaları riski altındaki alanların belirlenmesini içerir. Toplanan veriler, azaltma stratejileri geliştirmek ve kıyı yönetimi politikalarını bilgilendirmek için gereklidir. Örneğin, deniz seviyesindeki yükselmenin izlenmesinde yapay zekanın kullanılması, yükselen suların altyapı ve topluluklar için önemli bir tehdit oluşturduğu Maldivler gibi SIDS'ler için kritik öneme sahiptir (UNFCCC 2023). Bununla birlikte, Vignudelli ve diğerleri (2019) kıyı deniz seviyesinin izlenmesi için uydu altimetrisindeki gelişmeleri araştırmaktadır. Yazarlar, son on yılda veri işleme tekniklerindeki gelişmeleri vurgulayarak, sentetik açıklıklı radar (SAR) ve Ka-bant (Altika) frekansının veri doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmadaki rolünü vurgulamaktadır. Naheem ve diğerleri (2021), gelgit ölçerler ve uydu altimetrisine odaklanarak geleneksel deniz seviyesi tahmin yöntemlerindeki gelişmeleri tartışmaktadır. Yazarlar, deniz seviyesindeki değişikliklerin kapsamlı bir şekilde anlaşılması için gelgit ölçer verilerinin uydu ölçümleri ve yardımcı sistemlerle entegre edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Kıyı altimetrisi, daha yüksek uzamsal çözünürlük ve daha düşük gürültü için gelişmiş radar sistemleri kullanarak kıyı şeridine yakın deniz seviyesini ölçmenin zorluklarını ele almak için gelişmiştir (Cipollini vd., 2017; Vignudelli vd. 2019). İki uydulu bir görev olan Copernicus Sentinel-6, bu alandaki en son çabayı temsil ediyor ve gelişmiş küresel deniz seviyesi ölçümleri ve iklim izleme yetenekleri sunuyor (Donlon ve ark. 2021).

Deniz seviyesinin tahmini ve izlenmesi, iklim değişikliğinin kıyı toplulukları ve ekosistemler üzerindeki etkilerinin azaltılması için kritik öneme sahiptir. Deniz seviyesindeki yükselmenin doğru bir şekilde tahmin edilmesi ve izlenmesi, kıyı alanlarının korunması ve azaltma stratejilerinin planlanması için önemlidir. Bu karmaşık sorunu ele almak için deniz seviyesi tahminlerinin doğruluğunu ve verimliliğini önemli ölçüde artıran çeşitli yapay zeka tabanlı yöntemler geliştirilmiştir. ML, DL ve topluluk modelleme gibi gelişmiş algoritmaları kullanan bu YZ yaklaşımları, geniş veri kümelerini işleme ve karmaşık kalıpları çıkarma yeteneğine sahiptir, bu da daha güvenilir ve kesin tahminlere ve deniz seviyesi dinamiklerini anlamamızın iyileştirilmesine yol açar. Bahari ve diğerleri (2023), ML ve DL tekniklerinin kullanımını vurgulayarak, deniz seviyesinin yükselmesini tahmin etmek için YZ uygulamasını gözden geçirmiştir. Bu YZ yöntemleri, kapsamlı veri kümelerinden anlamlı örüntüler ve ilişkiler çıkararak tahmin doğruluğunu artırmaktadır. Hibridizasyon, topluluk modelleme, veri ayrıştırma ve algoritma optimizasyonu gibi teknikler, deniz seviyesi tahminlerini geliştirmek için temel stratejiler olarak tanımlanmıştır. Özellikle DL, özellikleri otomatik olarak çıkarma ve belleği saklama yeteneği nedeniyle üstün performans göstermiş ve geleneksel ML modellerinden daha etkili hale gelmiştir. Bununla birlikte, kara kutu sorunuyla birlikte gelir.

Balogun ve Adebisi (2021), ML (ARIMA ve SVR) ve DL (LSTM) modellerini kullanarak Batı Yarımada Malezya kıyı şeridi boyunca deniz seviyesi değişimlerini tahmin etmek için çok çeşitli okyanus-atmosferik değişkenleri entegre etmiştir. Bulgular, atmosferik süreçlerin tahmin doğruluğunu önemli ölçüde etkilediğini ve okyanus ve atmosferik değişkenlerin birleştirilmesinin model performansını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Her iki değişken türünü de içeren LSTM modeli, çoğu konum veya bölgede en yüksek doğruluğu göstermekte ve deniz seviyesi tahmininde birden fazla etkileyici faktörün dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Ishida ve diğerleri (2020), LSTM ağını kullanarak saatlik ölçekte bir kıyı deniz seviyesi tahmin modeli geliştirmiştir. Model, yerçekimsel çekimler, mevsimsellik, fırtına dalgalanmaları ve küresel ısınmanın etkilerini içermektedir. Sonuçlar, LSTM modelinin bu etkileri doğru bir şekilde yeniden yapılandırıldığını ve uzun süreli sıcaklık verilerini dahil ederken tahmin doğruluğunu artırdığını ve deniz seviyesi tahmininde DL'nin sağlamlığını gösterdiğini göstermektedir.

Accarino ve diğerleri (2021) Akdeniz'de kısa vadeli deniz seviyesi tahmini için LSTM sinir ağlarına dayalı çok modellenli bir mimari sunmuştur. Yaklaşımları, geleneksel tahmin sistemlerinden daha iyi performans göstererek DL'nin kıyı yönetimi için gerekli olan doğru ve zamanında tahminler sağlayabileceğini göstermektedir. Žust ve diğerleri (2021) Adriyatik Denizi için DL tabanlı bir deniz seviyesi tahmin yöntemi olan HIDRA'yı tanıtmıştır. HIDRA, atmosferik ve deniz seviyesi verilerini entegre ederek hem doğruluk hem de hesaplama verimliliği açısından geleneksel okyanus sirkülasyon modellerinden daha iyi performans göstermektedir.

Genel olarak, YZ'nin entegre edilmesi, iklim değişikliğinin kıyı bölgeleri üzerindeki etkilerinin azaltılması için gerekli olan deniz seviyesindeki yükselme ve kıyı dönüşümlerinin değerlendirilmesinde tahminlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaktadır. Uydu altimetresi ve gelgit ölçerler gibi geleneksel yöntemler uzun vadeli ve büyük ölçekli deniz seviyesi izlemenin anahtarı olmaya devam ederken, YZ tabanlı yaklaşımlar tahmin doğruluğu ve verimliliğinde önemli gelişmeler sunmaktadır. YZ modellerinin geleneksel gözlem sistemleriyle entegrasyonu, deniz seviyesindeki yükselmenin yarattığı zorlukları ele almak için daha güvenilir, sağlam ve kesin bir çerçeve vaat etmektedir. Uydu altimetresi gibi yapay zeka tabanlı olmayan yöntemler de gelişmeye devam ederek kıyı izleme ve uzun vadeli deniz seviyesi araştırmaları için vazgeçilmez veriler sağlamaktadır. Bu yaklaşımların bir araya getirilmesi, özellikle kıyı ve hassas bölgelerdeki deniz seviyesi değişikliklerini anlamamızı ve yönetmemizi büyük ölçüde ilerletebilir.

4.1.1.2. Ormansızlaşma ve Orman Bozulması, Kirlilik Kaynakları, Biyoçeşitlilik ve Nüanslı Arazi Kullanım Değişikliklerinin Gelişmiş Algoritmalarla Tespiti

Gelişmiş yapay zeka algoritmaları ve uzaktan algılama teknolojisi ile birleştirilen uydu görüntüleri, ormansızlaşma ve orman tahribatının tespit edilmesini ve izlenmesini sağlar ve kirlilik kaynaklarını belirleyebilir, biyolojik çeşitlilik seviyelerini değerlendirebilir ve arazi kullanım değişikliklerini yüksek hassasiyetle analiz edebilir. Ayrıca, IoT sensör ağları bu analizler için gerçek zamanlı veri sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zekanın, yüksek CO₂ depolamalı (yüksek karbon stoklu) ormanları belirleyerek ve koruma çabalarını iyileştirerek orman yönetimini optimize etmede etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bu yetenekler, özellikle Amazon ve Güneydoğu Asya gibi küresel biyoçeşitlilik için kritik öneme sahip bölgelerde yasadışı ağaç kesimiyle mücadele, doğal kaynakları yönetme ve biyoçeşitliliği koruma çabalarını desteklemektedir.

4.1.1.2.1. Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasının Tespiti

Ormansızlaşma, biyoçeşitlilik, iklim değişikliği ve geçim kaynakları üzerinde geniş kapsamlı etkileri olan kritik bir küresel çevre sorunudur. Uydu görüntüleri ve IoT sensörleri, sofistike yapay zeka algoritmalarıyla birleşerek ormansızlaşma ve orman bozulmasının tespit edilmesini ve izlenmesini sağlar. Yapay zeka modelleri, orman örtüsündeki değişiklikleri belirlemek, yasadışı ağaç kesme faaliyetlerini tespit etmek ve zaman içinde orman sağlığını izlemek için genellikle gerçek biyokütle verileriyle birleştirilen yüksek çözünürlüklü optik ve lazer tabanlı uydu görüntülerini analiz eder. Ormansızlaşmayı azaltmak için verimli ve hassas sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarını hayata geçirerek iklim değişikliğini hafifletmeye yardımcı olabilirler (Liu ve ark. 2021). Farklı bitki örtüsü ve arazi örtüsü türleri arasında ayırım yapabilirler, bu da ormansızlaşmanın kapsamını ve oranını doğru bir şekilde izlemeyi mümkün kılar. Haq ve arkadaşları (2024)

ormansızlaşmanın ele alınmasında yapay zeka, IoT ve uzaktan algılama uygulamaları. Bu teknolojiler gerçek zamanlı izleme, erken tespit ve yasadışı ağaç kesimi, bitki hastalıkları ve orman yangınları gibi faaliyetlere müdahaleyi kolaylaştırmaktadır. IoT, uydu görüntüleri, insansız hava araçları ve yapay zeka algoritmalarının güçlü yönlerini ve sınırlamalarını analiz eden çalışma, ormanların korunmasındaki potansiyellerinin altını çiziyor. Bulgular, ormanların ve barındırdıkları türlerin korunmasında bu teknolojilerin önemini vurgulamakta ve orman korumada gelecekteki araştırmalar ve pratik politika oluşturma için değerli bilgiler sağlamaktadır.

Nguyen-Trong ve Tran-Xuan (2022) Vietnam'da yapay zeka tabanlı uzaktan algılama teknikleri kullanarak orman örtüsü değişim tespitini geliştirmeye odaklanmıştır. Çok değişkenli değişim vektör analizi (MVCA) ve normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksi gibi geleneksel yöntemler, eşik değerlerini belirlemek için büyük ölçüde alan bilgisine dayanmakta ve uygulanabilirliklerini sınırlamaktadır. Bu çalışma, kıyı orman örtüsü değişikliklerini tespit etmek için çok zamanlı Sentinel-2 görüntülerini ve U-Net tabanlı bir AI segmentasyon modelini kullanan yeni bir yöntem önermiştir. Bu yaklaşım, mevcut veri kümelerinden ve zemin gerçek etiketlerinden yararlanarak kapsamlı alan bilgisi ihtiyacını en aza indirmektedir. Sonuçlar, orman değişikliklerini tespit etmede %95,4 gibi yüksek bir doğruluk oranı göstermiş ve geleneksel MVCA yönteminden %3,8 daha iyi performans göstererek Vietnam'daki orman kaynakları yönetimi ve planlamasındaki etkinliğini vurgulamıştır.

Debus ve diğerleri (2024), Dünya Gözlem görüntülerini kullanarak Kamerun'daki doğrudan ormansızlaşma etkenlerini anlamaya odaklanmıştır. Araştırmacılar, orman kaybının yaşandığı bölgelerdeki ormansızlaşma etkenlerini sınıflandırmak üzere yapay zeka uygulamaları için tasarlanmış etiketli bir veri kümesi geliştirmiştir. Bu veri kümesi, Landsat ve PlanetScope'tan alınan uydu görüntülerini, altyapı ve biyofiziksel özelliklere ilişkin yardımcı verilerle birlikte içeriyor. Etiketler, büyük ölçekli plantasyonlar (palmiye yağı, kereste, meyve, kauçuk), küçük ölçekli tarım, madencilik, seçici tomrukçuluk, altyapı geliştirme, orman yangınları ve avcılık faaliyetleri gibi kapsamlı bir ormansızlaşma etmeni yelpazesini kapsamaktadır. Bu veri seti, Kongo Havzası'ndaki ormansızlaşmanın daha iyi izlenmesi ve yönetimi için ayrıntılı, yerel olarak uyarlanmış bir kaynak sağlamayı amaçlamaktadır.

Ormansızlaşma tespiti üzerine yapılan son araştırmalar, hem azaltım hem de uyum çabaları için gerekli olan orman ekosistemlerinin izlenmesi için gelişmiş teknikler sağlayarak iklim değişikliğine katkıda bulunuyor. Yapay zeka, ormansızlaşma tespitinin doğruluğunu ve verimliliğini artırarak, orman kaybı ve bozulmasıyla mücadele çabalarını desteklemekte ve daha geniş iklim değişikliği azaltma ve uyum stratejilerine katkıda bulunmaktadır. SIDS'in yarısından fazlasının toplam arazi alanının %50'sinden fazlasını kaplayan ormanlara sahip olduğu ve Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılığın (LULUCF) 19,87 milyon ton CO₂ eşdeğeri için net bir yutak görevi gördüğü dikkate değerdir (Crumpler ve ark. 2020). Koruma, sürdürülebilir orman yönetimi ve orman karbon stoklarının artırılmasını içeren Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasından Kaynaklanan Emisyonların Azaltılması (REDD+) uygulamasının benimsenme potansiyeli Karayip SIDS'leri için önemlidir (Mohan vd. 2022). Şu anda bölgede sadece dört ülke (Belize, Dominik Cumhuriyeti, Guyana ve Surinam) REDD+ finansmanına erişim için operasyonel sistem ve mekanizmalara sahiptir (Mohan 2023). Bununla birlikte, bölge AKAKDO bilgisinde sınırlamalarla karşı karşıyadır ve yetersiz kurumsal ve teknik kapasite, AKAKDO verileri ve envanteri, insan kaynakları ve teknoloji nedeniyle kısıtlanmaktadır (Crumpler vd. 2020).

Kolombiya'daki Guacamaya Projesi'nde (Elliott 2024) CinfonIA Araştırma Merkezi, Instituto Sinchi ve Microsoft'un AI for Good Laboratuvarı, ormansızlaşmayı izlemek ve ekosistemin biyolojik çeşitliliğini korumak için sınıfının en iyisi yapay zeka modellerini kullanıyor. Guacamaya Projesi, Amazon yağmur ormanlarındaki ormansızlaşmayla ileri yapay zeka teknolojisi kullanarak mücadele etmeyi amaçlayan yenilikçi bir girişimdir. Bu proje, ormansızlaşma modellerini hızlı ve doğru bir şekilde izlemek ve analiz etmek için uydu görüntülerini, kamera tuzaklarını ve biyoakustik verileri birleştiriyor. Microsoft ve diğer kuruluşlarla işbirliği içinde geliştirilen yapay zeka modellerinden yararlanarak

projesi, ormansızlaşmanın yoğun olduğu bölgeleri tespit etmek için gereken süreyi önemli ölçüde azaltarak daha hızlı müdahale ve müdahaleye olanak sağlıyor. Girişim, koruma çabalarını destekliyor ve yeniden ağaçlandırma ve karbon yakalama projeleri için çok önemli olan hassas haritaların ve verilerin oluşturulmasına yardımcı oluyor. Yapay zeka odaklı bu yaklaşım, Amazon'u izlemek ve korumak için ölçeklenebilir bir çözüm sunarak kritik bir çevresel sorunu ele alıyor

Yapay zeka teknolojileri, veri toplama, analiz ve izleme yeteneklerini geliştirerek bu zorlukların üstesinden gelmesine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Yapay zeka, envanter sürecini kolaylaştırabilir, kaynak tahsisini optimize edebilir ve daha iyi orman yönetimi için gerçek zamanlı içgörüler sağlayabilir. Bu teknolojik entegrasyon, bölgenin etkili REDD+ stratejileri benimsemesini ve genel orman koruma çabalarını geliştirmesini destekleyebilir.

4.1.1.2.2. Kirlilik Kaynaklarının Tespiti

Kirlilik, insan sağlığına zarar vermenin yanı sıra sürdürülebilir ekolojik büyümeyi de engellemektedir. Uydu görüntüleri, uzaktan algılama, IoT ve büyük veri analitiğine uygulanan yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları, endüstriyel emisyonlar, kimyasal maddeler ve atık su deşarj noktaları gibi kirlilik kaynaklarını belirleyebilir ve izleyebilir. Bu teknolojiler, çeşitli kirliticilerin ve kimyasalların spektral imzalarını analiz ederek hava, toprak ve su kütlelerindeki kirlilik seviyelerini tespit edebilir. Veriye dayalı içgörüler, kirliliğin yoğun olduğu noktaların belirlenmesine ve kirlilik kontrol önlemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesine yardımcı olabilir.

Uzaktan algılama ve tarihi hava fotoğrafları, tehlikeli sahalarda zaman içinde meydana gelen değişikliklerin izlenmesinde ve belgelenmesinde çok önemli bir rol oynamış, kirliliğin tespiti ve azaltılması için güvenilir veriler sağlamıştır (Popescu vd. 2024; Mertikas vd. 2021). Jia ve arkadaşları (2021), yüksek çözünürlüklü hava görüntülerini (HRAI) kullanarak toprak arsenik seviyelerini tahmin etmek için yeni bir modelleme yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemde, geniş alanların yüksek çözünürlüklü (0,1-0,5 m) görüntülerini yakalamak için uçaklara monte edilmiş kameralar kullanılmaktadır. Arsenik risk seviyelerini tahmin etmek için dört farklı makine öğrenimi algoritması oluşturulmuş ve Extreme Random Forest (ERF) algoritması daha yüksek seviyede tahmin ve doğruluk elde etmiştir. Uzaktan algılama ve hava görüntüleri, makine öğrenimi modelleriyle birleştirildiğinde, standart jeostatistiksel tekniklerin başaramayacağı bir şey olan, çevredeki tehlikeli maddelerin son derece doğru haritalarını üreten sürekli mekansal veriler sağlar (Popescu ve ark. 2024).

Havadan görüntülenmenin tehlikeli atıkların tespiti ve analizindeki etkinliği, çevresel izleme ve yönetim için kilit öneme sahiptir. Wani ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan çalışma, gelişmiş görüntü tekniklerinin tehlikeli atık sahalarının, atık bertaraf sahalarının ve düzenli depolama alanlarının izlenmesine nasıl yardımcı olabileceğini, tehlikeli atıkların varlığını tespit ve analiz etmede etkili olduğunu (Wani ve ark., 2023), ayrıca daha iyi yasal uyumluluk sağladığını ve çevre koruma çabalarını geliştirdiğini vurgulamaktadır. Bu da sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarını teşvik ederek iklim eylemini dolaylı olarak desteklemektedir. Düzenli depolama alanları ve atık bertaraf sahaları, güçlü bir sera gazı olan metanın önemli kaynaklarıdır. Bu sahaların etkin bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi metan emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olarak iklim değişikliğinin azaltılması çabalarına katkıda bulunabilir. Ayrıca, tehlikeli atıkların uygunsuz şekilde bertaraf edilmesi toprak ve su kirliliğine yol açarak ekosistemleri etkileyebilir. Buna ek olarak, etkin izleme, kaynakların ve atıkların daha iyi yönetilmesine yardımcı olur. Geri dönüşümün ve uygun atık yönetiminin teşvik edilmesi, enerji yoğun olan ve sera gazı emisyonlarına katkıda bulunan yeni kaynak çıkarma ihtiyacını azaltır.

YZ'deki gelişmeler, çevresel izleme yeteneklerini önemli ölçüde geliştirerek tehlikeli maddelerin daha verimli bir şekilde tespit edilmesini ve analiz edilmesini sağlamış ve çevresel tehlikeleri yönetme ve insan sağlığını ve ekosistemleri koruma kapasitesini artırmıştır. YZ'nin çevresel izlemeye entegrasyonu, kokusuz gibi insanların algılayamadığı tehditleri tespit etme yeteneği nedeniyle giderek daha popüler hale gelmiştir,

renksiz ve tatsız gazlar (Visvanathan vd. 2018; Daam vd. 2019; Emaminejad ve Akhavian 2022). Özellikle makine öğrenimi algoritmalarıyla donatılmış yapay zeka destekli sensörler ve cihazlar, belirli tehlikeli maddeleri tanımlamak ve bunların insan sağlığı ve çevre üzerindeki potansiyel etkilerini tahmin etmek için gerçek zamanlı verileri analiz edebilir (Yang et al. 2021).

Çevresel izlemede yapay zekanın dikkate değer bir uygulaması elektronik burun (E-burun) teknolojilerinin kullanılmasıdır. Bu teknolojiler, sensör verilerini analiz etmek ve tehlikeli kimyasalları benzersiz kimyasal imzalarına göre tespit etmek için koku alma algoritmaları kullanır ve potansiyel tehditlere anında müdahale edilmesini sağlar (Jeong ve Choi 2022; Popescu ve ark. 2024). E-burun teknolojileri, kentsel hava kalitesinin izlenmesi, endüstriyel sızıntıların tespit edilmesi ve tehlikeli maddelerin tanımlanması gibi çeşitli uygulamalara sahiptir (Jeong ve Choi 2022). E-burun teknolojilerinin çevresel izlemedeki rolü, iklim değişikliğini hafifletme çabalarını dolaylı olarak desteklemektedir. Küresel ısınmaya katkıda bulunan kirleticilerin yönetilmesi ve azaltılması için gerekli verileri sağlayarak iklim değişikliği tartışmalarındaki önemlerini vurgulamaktadırlar. Uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve metan gibi kirleticilerin izlenmesi, iklim değişikliğinin azaltılması için çok önemli olan seviyelerinin yönetilmesine ve azaltılmasına yardımcı olur. E-burunlar endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan emisyonları izlemek için de kullanılmaktadır. Kirleticiler hakkında gerçek zamanlı veri sağlamak, endüstrilerin emisyonları azaltmak için düzeltici önlemler almasına ve böylece iklim değişikliğinin azaltılmasına yardımcı olur. Fabrikalardan kaynaklanan VOC'lerin ve diğer zararlı emisyonların izlenmesi, çevre düzenlemelerine uymalarını ve karbon ayak izlerini azaltmalarını sağlar.

Ayrıca, Wang ve diğerleri (2019) entegre bir yapay zeka sistemi kullanarak endüstriyel noktasal kaynaklardan gelen su kirleticilerinin özelliklerini belirlemiş ve kökenlerini takip etmiştir. Bu sistem, su kalitesini analiz etmek için uzun kısa süreli bellek ağı (LSTM) çapraz korelasyon ve birliktelik kuralları (Apriori) ile birleştirmiştir. Çalışma, su kalitesindeki değişikliklerin çeşitli endüstrilerden ve kirletici kaynakların dağıtım ve üretim döngülerinden etkilendiğini göstermektedir. Su kalitesi korelasyon haritalarını kullanan araştırmacılar, su kalitesi özelliklerindeki değişiklikleri vurgulayarak kirletici emisyonlarındaki düzenli ve anormal dalgalanmaları etkili bir şekilde tespit etmiştir. Birliktelik kuralları, su kalitesi endekslerindeki sık öge kümelerini türeterek kirleticilerin belirli endüstrilere kadar izlenmesine yardımcı oldu. Ek olarak, LSTM modeli gelecekteki su kalitesi değişikliklerinin kökenini doğru bir şekilde izleyerek yapay zeka sisteminin su kirliliğini izleme ve yönetmedeki etkinliğini kanıtladı. Kirletici kaynakların belirlenmesi ve yönetilmesiyle bu yapay zeka sistemi, daha temiz endüstriyel uygulamaları teşvik ederek iklim değişikliğini azaltma çabalarını dolaylı olarak desteklemektedir. Ayrıca, su kalitesinin iyileştirilmesi, iklim değişikliğinin etkilerine karşı ekosistem direncini artırabilir.

Buna ek olarak, Popescu ve diğerleri (2024) hava kirleticileri, su kirleticileri ve toprak toksinleri gibi çevre kirliliğinin izlenmesinde YZ, sensörler ve IoT'nin entegrasyonuna odaklanmıştır. YZ güdümlü sensör sistemleri, tehlikeli maddelerin ekosistemler ve insan sağlığı üzerindeki etkisiyle ilgili artan endişeleri ele alarak çevresel riskleri tespit etmek ve bunlara müdahale etmek için umut verici çözümler sunmaktadır. Çalışma, makine öğrenimi yöntemlerinin çevre bilimindeki önemli potansiyelini vurgulamaktadır. Çevrenin dinamik yapısı nedeniyle kirlilik değişikliklerinin tahmin edilmesi ve izlenmesindeki karmaşıklıkları ve veri paylaşımının yarattığı zorlukları incelemektedir. Çevresel tehlikeleri verimli bir şekilde tespit edebilen, analiz edebilen ve azaltabilen, insan refahının ve ekosistemin korunmasına katkıda bulunan gelişmiş izleme sistemlerinin geliştirilmesinin öneminin altını çiziyor. Yapay zeka ve IoT teknolojilerini kullanan çalışma, sürdürülebilir uygulamaları teşvik ederek ve kirletici emisyonları azaltarak iklim değişikliğinin azaltılmasını dolaylı olarak desteklemektedir. Ayrıca, gelişmiş izleme yetenekleri daha iyi adaptasyon stratejilerine katkıda bulunarak iklim değişikliğinin etkilerine karşı dayanıklılığı artırmaktadır.

Genel olarak, iklim değışikliğı su sistemleri ve topraktaki çeşitli kirleticileri ve kirleticileri etkilemekte ve bu sorunları doğrudan çevre ve insan sağlığına bağlamaktadır. Artan sıcaklıklar ve değışen yağış modelleri, ağır metaller ve pestisitler gibi kirleticilerin su kütlelerinde ve toprakta mobilizasyonunu ve konsantrasyonunu artırabilir. Bu değışiklikler daha sık ve şiddetli kirlenme olaylarına yol açarak su kalitesi sorunlarını daha da kötüleştirebilir ve tarımsal verimliliğı etkileyebilir. Ayrıca, seller ve kuraklıklar gibi aşırı hava olayları atık yönetim sistemlerini bozabilir ve kirleticilerin çevreye taşmasına veya sızmasına neden olabilir. Bu kirleticilerin iklim değışikliğı bağlamında ele alınması, ekosistemlerin korunması ve toplumların sağlık ve dayanıklılığının sağlanması açısından kilit önem taşımaktadır.

Özetle, yapay zeka ve IoT odaklı teknolojilerin çevre kirliliğinin izlenmesi ve yönetimine entegrasyonu, çeşitli çevresel kirleticiler için gerçek zamanlı tespit, analiz ve müdahale yetenekleri sunarak önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir. Buna ek olarak, uzaktan algılama ve hava görüntülerinin dahil edilmesi, çevresel izleme çabalarının fırsatlarını artırmaktadır. Hava, su ve toprak kalitesini yüksek hassasiyet ve verimlilikle izleme yeteneğı, insan sağlığını ve ekosistemleri korumak için proaktif önlemleri desteklemektedir.

Dahası, tehlikeli çevresel maddeleri izlemek için yapay zeka güdümlü sensörlerin oluşturulması, çevresel tehditleri tespit etme ve ele alma şeklimizi dönüştürme potansiyeline sahiptir. Büyük veri kümelerini gerçek zamanlı olarak işleyebilen ve tehlikeli maddelere işaret eden kalıpları ve anormallikleri tanımlayabilen bu sensörler, halk sağlığını ve çevreyi koruma becerimizi önemli ölçüde artırabilir. Bununla birlikte, bu sensörlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak ve bunları mevcut çevresel izleme sistemlerine entegre etmek için en uygun yöntemleri bulmak gibi çok sayıda zorluk devam etmektedir. Bununla birlikte, yapay zeka güdümlü sensörlerin potansiyel avantajları, onları çevresel izlemede gelecekteki araştırma ve geliştirme için umut verici bir alan haline getirmektedir.

Genel olarak, bu alandaki araştırma ve geliştirme gelişmeye devam ettikçe, yapay zeka, IoT, uzaktan algılama ve havadan görüntüleme çözümlerinin kullanılması, çevre kirliliğinin etkilerinin azaltılmasında önemli bir rol oynayacaktır.

4.1.1.2.3. Biyoçeşitlilik İzleme ve Değerlendirme

İnsan yerleşimlerinin genişlemesi, yasadışı yaban hayatı katliamları ve iklim değışikliğından kaynaklanan tehditler yaban hayatı popülasyonları üzerinde muazzam bir baskı oluşturduğundan, biyolojik çeşitlilik dünya genelinde feci bir hızla azalmaktadır. Koruma biyologları, yaban hayatı popülasyonlarını araştırmak ve hükümetlere ve endüstriye politika önerilerinde bulunmak gibi ürkütücü ama acil bir görevle karşı karşıyadır. Hangi türlerin avlanmaya karşı yasal korumaya ihtiyacı var? Bir yolun iki şehri birbirine bağlaması gerekiyor; hangi güzergah yaban hayatı habitatı üzerinde en az zararlı etkiye sahip olacak? Yaban hayatı göç koridorları olarak alt geçitlerin inşa edilmesi en etkili nerede olacaktır? Kaçak avcılıkla mücadele kaynaklarını nereye konuşturmalıyız? Bu gibi sorulara ilişkin bilinçli politika kararları verilerle başlar: tıpkı doktorunuzun ancak güvenilir tanı testleri yaptıktan sonra tedavi önerebilmesi gibi, politika yapımcılar ve korunan alan yöneticileri de biyolojik çeşitliliğı korumak için ancak ihtiyaç duyduklarında sağlam, güncel veriler mevcutsa harekete geçebilirler.

Bu durumda veriler, uzaktan algılamanın koruma araç kutusundaki en güçlü araç haline geldiğı yaban hayatı nüfus tahminleridir. Ancak şu anda, hayvanların yaşam alanlarını nasıl kullandıkları - hatta belirli bir bölgede kaç hayvanın yaşadığı - hakkında veri toplamak, muazzam miktarda manuel veri açıklamasına bağlıdır: küçük bir STK'nın tek bir proje için milyonlarca görüntü veya ses kaydına açıklama eklemesi genellikle yıllar alır. Bu

darboğaz gerçek zamanlı uygulamaları engellemekte ve koruma sorularına verilen kritik cevapları o kadar uzun süre geciktirmektedir ki, bu cevaplar elde edildiğinde artık geçerliliğini yitirmektedir. Yapay zeka bu açıklama sıkışıklığını kırmaya ve koruma kararlarını büyük ölçüde hızlandırmaya hazırlanıyor.

Yapay zeka algoritmalarıyla geliştirilmiş uydu görüntüleri, farklı ekosistemlerdeki biyoçeşitlilik seviyelerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. YZ algoritmaları, uydu görüntülerinden çeşitli türleri ve habitatları belirleyerek türlerin dağılımı ve habitat sağlığı hakkında veri sağlayabilir. Ayrıca YZ, mekansal ve zamansal verileri analiz ederek biyoçeşitlilik sorunlarını ele almak için yeni yöntemlerden yararlanmakta, ekosistem dinamikleri ve koruma stratejileri hakkında içgörüler sunmaktadır. Bu bilgiler, koruma planlaması ve biyoçeşitliliği koruma çabaları için önemlidir. Silvestro ve diğerleri (2022), hızla değişen ve kaynakların sınırlı olduğu bir dünyada biyolojik ve ekosistem değerlerinin korunması ve sürdürülebilir kullanımını iyileştirmek için YZ'nin önemli potansiyelini vurgulamıştır. Sağlıklı ekosistemler iklimin düzenlenmesinde, karbonun tutulmasında ve iklim etkilerine karşı direncin korunmasında hayati bir rol oynadığından, biyoçeşitliliğin korunması iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu ile doğrudan bağlantılıdır.

Çok sayıda yapay zeka örneği, biyoçeşitliliğin izlenmesi ve korunması çabalarının geliştirilmesinde artan kullanımını göstermektedir. Ekosistem Hizmetleri için Yapay Zeka (ARIES) gibi kural tabanlı sistemler, ekosistem hizmetlerinin modellenmesinde kullanılan en yaygın ve popüler araçlar arasındadır (bkz. örneğin Bibri 2024; Nishant vd. 2020). Ampirik çalışmalar da bu uygulamaları doğrulamaktadır (Domisch vd., 2019; Sharps vd., 2017; Willcock vd., 2018). Death (2022) tarafından belirtildiği üzere ARIES, karmaşık ekolojik ilişkileri anlamak için çoklu makine öğrenimi modellerini entegre etmekte ve böylece biyoçeşitliliği koruma stratejilerinin doğruluğunu ve etkinliğini artırmaktadır.

ARIES'e ek olarak, diğer yapay zeka algoritmaları da biyoçeşitlilik ve ekosistem sağlığında önemli bir rol oynamaktadır. CNN'ler, tür tanımlama ve habitat haritalama için yüksek çözünürlüklü görüntüleri analiz etmek ve sınıflandırmak için kullanılır ve koruma çabaları için kritik veriler sağlar (Christin et al. 2019). Rastgele Orman (DF) algoritmaları, çeşitli çevresel değişkenleri entegre ederek tür dağılımını modellemek ve biyoçeşitlilik modellerini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Cutler ve ark. 2007). Ayrıca, Bayes Ağları (BN) karmaşık ekolojik etkileşimlerin anlaşılmasına ve çevresel değişikliklerin ekosistem sağlığı üzerindeki etkilerinin tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır (Marcot ve ark. 2006).

Biyoçeşitlilik araştırmalarındaki birçok çalışma, ekosistem hizmetlerini tahmin etmek için makine öğrenimi ve NLP çözümleri geliştirmiş, kamuoyunu modellemek için sosyal medya verilerinden yararlanmış ve biyoçeşitliliğin korunması için habitat uygunluğunu ve kullanılabilirliğini modellemiştir (Nishant vd. 2020; Bagstad vd. 2016; Toivonen vd., 2019). Ayrıca, uydu verilerinden elde edilen çevresel değişkenlere dayalı olarak türlerin varlığını ve habitat kalitesini tahmin etmeye yardımcı olmak için DVM, YSA, FL ve Genetik Algoritmalar (GA) kullanılmaktadır (Bibri 2024; Bibri vd. 2023; Nishant vd. 2020). DVM'ler sınıflandırma görevlerini yerine getirir, YSA'lar karmaşık veri ilişkilerini modeller, FL belirsiz ve muğlak bilgileri ele alır ve GA doğru tahminler için ilgili çevresel değişkenlerin seçimini optimize eder. Bu teknikler, karmaşık verileri ele alma ve ekolojik sonuçları tahmin etmedeki etkinlikleri nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. GA doğal seçilimi taklit ederek çözümleri optimize eder, YSA örüntü tanıma için beyin benzeri işlemeyi simüle eder, FL belirsizliği ve kesin olmayan bilgileri yönetir ve BN değişkenler arasındaki olasılıklı ilişkileri temsil eder, bu da onları ekosistem modellemesi için son derece uygun hale getirir. Bu kapsamlı yaklaşım, biyoçeşitlilik ve ekosistem sağlığının karmaşıklıklarını ele almak için çeşitli yapay zeka tekniklerinin etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Ayrıca Christin ve arkadaşları (2019), DL'nin türleri tanımlamak, hayvan davranışlarını sınıflandırmak ve kamera tuzağı görüntüleri, ses kayıtları ve videolar dahil olmak üzere kapsamlı veri kümelerinden biyolojik çeşitliliği tahmin etmek için etkili bir şekilde kullanıldığını göstermiştir. DL tekniklerinin, özellikle yaban hayatı yönetimi ve koruma çabaları gibi uygulamalı bağlamlarda çeşitli ekolojik disiplinlere önemli ölçüde fayda sağlayabileceğini göstermektedir. Bunlar

teknikler, biyoçeşitliliğin ve ekosistem yönetiminin daha hassas ve verimli bir şekilde izlenmesini sağlar; bu da hedeflenen koruma stratejilerinin geliştirilmesi için gereklidir. Silvestro ve arkadaşları (2022), biyoçeşitlilik koruma politikalarını geliştirmek için pekiştirmeli öğrenme kullanarak mekânsal koruma önceliklendirmesi için yeni bir çerçeve sunmuştur. Yapay Zeka ile Koruma Alanı Önceliklendirmesi (CAPTAIN) olarak adlandırılan metodoloji, alan ve biyoçeşitlilik korumasının maliyet ve faydalarını dengeleyerek rastgele veya naif yöntemlere kıyasla daha fazla türü korumaktadır. Ayrıca deneysel verileri kullanarak daha güvenilir koruma hedefleri ve yorumlanabilir önceliklendirme haritaları üretir. Dahası, hem görsel hem de işitsel verileri kullanarak yapay zeka, koruma stratejilerini bilgilendirmek için yaban hayatı popülasyonlarının gerçek zamanlı izlenmesini sağlayabilir (Norouzzadeh ve ark. 2018). Bu, çeşitli sensörler (ör. kamera tuzakları, cep telefonu mikrofonları, dronlar, uzaktan algılama) tarafından sağlanan CV ve biyoakustik analiz yoluyla ve kitle kaynaklı veriler aracılığıyla vatandaş bilimini dahil ederek elde edilir (Stowell 2022; Tuia ve ark. 2022; Willi 2019).

Özetle, yapay zeka teknolojilerini biyoçeşitlilik ve ekosistem modellemesine entegre etmek, biyoçeşitliliği izleme, tahmin etme ve koruma yeteneğimizi geliştirmektedir. ARIES, GA, ANN, Bayesian ağları ve FL gibi teknikler, karmaşık ekolojik verileri yönetmek, koruma çabalarını optimize etmek ve ekolojik modellemenin doğasında bulunan belirsizlikleri ve kesinliği ele almak için sağlam araçlar sağlar. Bu gelişmeler, sürdürülebilir çevresel uygulamaların ve etkili koruma stratejilerinin teşvik edilmesinde yapay zekanın kilit rolünün altını çizmektedir.

4.1.1.2.4. Nüanslı Arazi Kullanım Değişiklikleri

Arazi kullanım modellerindeki değişiklikler karbon depolama, sera gazı emisyonları ve ekosistem direncindeki değişiklikler yoluyla iklim dinamiklerini önemli ölçüde etkilediğinden, iklim ve arazi kullanımı arasındaki ilişki çok önemlidir. Uydu görüntülerinin yapay zeka destekli analizi, kentsel genişleme, tarımsal faaliyetler ve altyapı geliştirme gibi arazi kullanımındaki ince değişiklikleri tespit edebilir. Yapay zeka donanımlı uydular, çeşitli dönemlerde çok miktarda arazi kaynağı verisi toplayabilir. Bu veri kümelerini karşılaştırarak, mekânsal arazi planlaması daha verimli hale gelir ve planlama planlarının rasyonelliğini ve fizibilitesini artırır (Chen vd., 2023). Ayrıca, fiziksel yüzey malzemelerini veya insan arazi kullanımını tanımlamak için havadan görüntüleme analizi, kentsel arazi kullanımı araştırmalarını büyük ölçüde ilerleterek önemli maliyet ve zaman tasarrufu sağlar (Chen ve ark., 2023). Yapay zeka, arazi sınıflandırmasını daha akıllı ve otomatik hale getirerek geliştirir ve karar vermeyi kolaylaştırır. Kerins ve arkadaşları (2020), makine öğrenimi modelleri ve orta çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanarak otomatik kentsel arazi kullanımı/razi örtüsü haritalamasının uygulanabilirliğini göstermiştir. Araştırmacı, Hindistan'daki 11 şehir için özelleştirilmiş modeller geliştirmiş ve bu modelleri, ilgili şehirlerin zaman içinde birden çok noktada kapsamlı haritalarını oluşturmak için kullanmıştır. Yapay zeka, bu değişiklikleri zaman içinde izleyerek insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına ve sürdürülebilir arazi kullanım uygulamalarının planlanmasına yardımcı olmaktadır.

Dousari ve diğerleri (2022), Kuveyt'teki arazi kullanımı ve örtüsündeki değişiklikleri değerlendirmek ve tahmin etmek için DVM ve YSA kullanmıştır. Nguyen ve arkadaşları (2021), ML algoritmaları aracılığıyla mevcut verilere ve Sentinel-2 uydu görüntülerine açık bir şekilde erişmek için bir yöntem önermiş ve ardından arazi kullanım değişikliklerinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini hem yerel hem de küresel göstergeler aracılığıyla incelemek için arazi kullanım haritalarını kullanmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, arazi kullanımı sınıflandırmasında makine öğrenmesinin çevre yönetimindeki artan rolünün altını çizmektedir. Talukdar ve diğerleri (2020), uydu tabanlı arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflandırması için makine öğrenimi sınıflandırıcılarının uygulanmasına odaklanarak, teknolojinin karasal ekosistemlerdeki değişiklikleri izlemede doğruluğu ve verimliliği artırma yeteneğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, DL modelleri arazi örtüsünü veya arazi kullanımını kategorize etmek için oldukça etkilidir ve farklı yerleşim türlerini sınıflandırmada yüksek doğruluk elde edebilir (Alem ve Kumar 2022). Birçok alanda üstünlük sağlayan CNN'ler

görüntü sınıflandırma görevleri, arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflandırmasında DVM'ler, RF ve k-en yakın komşulardan (KNN) daha iyi performans gösterir (Carranza-García ve ark. 2019).

Guzder-Williams ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan yeni bir ampirik çalışma, Sentinel-2 görüntülerini kullanarak kent içi arazi kullanım haritalarının üretimini otomatikleştirmek için bir makine öğrenimi yöntemi önermiştir; bu yöntem özellikle gelişmekte olan ülkeler ile EAGÜ'ler ve SIDS için faydalıdır. Bu görev için oluşturulan yeni sinir ağı mimarisi, 78 ülkeyi ve çeşitli nüfus büyüklüklerini kapsayan 200 şehirden oluşan küresel bir örnek için 5 metre çözünürlüklü arazi kullanım haritaları üretmiştir. Model hesaplama kaynaklarını azaltmaktadır. Ana sonuçlar yüksek doğruluk göstermiştir; 1. ve 2. kademeler sırasıyla %86 ve %79, 3. ve 4. kademeler ise %75 ve %71 doğruluk elde etmiştir. Ayrıca, yalnızca yollara yönelik bir model mevcut veri kümeleriyle olumlu bir şekilde karşılaştırılmış ve Gayri Resmi Yerleşim Sınıflandırıcısı gayri resmi yerleşimlerin %87'sini doğru bir şekilde sınıflandırmıştır. Bu bulgular, kaynakların sınırlı olduğu bölgelerde kentsel planlama ve politika oluşturmayı desteklemek için düzenli olarak güncellenen, ince çözünürlükte küresel kent içi arazi kullanım haritalarının potansiyelini göstermektedir.

Bindajam ve diğerleri (2021) tarafından yapılan bir başka ampirik çalışmada, Suudi Arabistan'ın Abha-Khamis kentinde 1990-2028 yılları arasında arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKÖ) değişikliklerinin dinamikleri ve bunların ekosistem hizmetleri değeri (ESV) üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Destek vektör makinesi (SVM) sınıflandırması kullanarak, 1990-2018 yılları için AKAKDO'yu haritalandırmışlar ve delta değişim yöntemi ve Markovian geçiş olasılık matrisi (TPM) kullanarak değişiklikleri analiz etmişlerdir. Yazarlar, kentsel alanların 1990'dan 2018'e kadar %334,4 oranında arttığını tespit etmiştir. TPM, yerleşik alanların en istikrarlı AKB türü olduğunu, tarım arazileri, çalılık alanlar, açık kayalık ve su kütlelerinin ise giderek daha fazla kentsel alanlara dönüştüğünü göstermiştir. Çalışma ayrıca yapay sinir ağı-hücreli otomat modeli kullanarak 2028 yılı için gelecekteki AKAKDO'yu tahmin etmiş ve doğal ekosistemler pahasına önemli kentsel genişlemeye işaret etmiştir.

Sonuç olarak, yapay zeka destekli teknolojiler, arazi kullanım değişikliklerinin tespitini ve izlenmesini önemli ölçüde iyileştirerek daha verimli kentsel ve çevresel planlamaya katkıda bulunmaktadır. Yapay zeka, uydu görüntüleri ve makine öğrenimi modellerini kullanarak arazi kaynak verilerinin doğru ve zamanında analiz edilmesini sağlar ve karar verme süreçlerini iyileştirir. Bu gelişmeler, maliyet tasarrufu, hassasiyet ve çevresel etkileri izleme ve tahmin etme becerisi açısından önemli faydalar sunmaktadır. Yapay zekanın sürdürülebilir arazi kullanımı uygulamalarını ve kentsel planlamayı desteklemedeki rolü, özellikle kaynakların sınırlı olduğu bölgelerde giderek daha önemli hale gelmiştir.

4.1.1.3. Karbondioksit ve Metan Emisyonlarının İzlenmesi

Yapay zeka ile geliştirilmiş uydular ve uzaktan algılama, karbondioksit (CO_2) ve metan emisyonları hakkında değerli veriler sağlar. Bu yapay zeka odaklı izleme, emisyon azaltma taahhütlerine uyumu doğrulamak, emisyon kaynaklarını anlamak ve iklim değişikliğini etkili bir şekilde ele almak için politika kararlarına rehberlik etmek için gereklidir. YZ algoritmaları, büyük miktarda uydu verisini hızlı ve doğru bir şekilde analiz ederek sera gazı seviyeleri ve bunların kaynakları hakkında gerçek zamanlı bilgiler sunabilir. Das ve arkadaşları (2020), bilinmeyen ve engebeli ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanmış, CO_2 ve sıvılaştırılmış petrol gazı gibi tehlikeli gazları ortalama %98 doğrulukla tanıyabilen bir robot önermiştir. Robot, çarpışma engellerinden kaçınmak, insanların varlığını tespit etmek ve bir GPS modülü kullanarak tespit edilen gazların konumlarını gerçek zamanlı olarak haritalamak için donatılmıştır. Juaibay ve diğerleri (2018) hidrojen, sıvılaştırılmış petrol gazı ve metan için sensörlerle donatılmış bir izleme ve uyarı sistemi tasarlamıştır. Bu sistem, tespit edilen gaz seviyelerine bağlı olarak güvenlik durumlarını görüntülemek için renk kodlu göstergeler kullanmaktadır. Orta düzeyde bir gaz tespit edildiğinde, bir egzoz fanı etkinleştirilir. Tehlikeli seviyelerde, bir alarm

İnsanları gaz kaçağı ve tespit edilen gaz konsantrasyonunun azaltılması gerektiği konusunda uyarmak için sesli uyarı tetiklenir.

Li ve diğerleri (2021), YSA ile GA'yı birleştiren yeni bir yaklaşım kullanarak içten yanmalı motor performansının optimizasyonuna odaklanmıştır. Doğrudan çift yakıt tabakalandırma (DDFS) stratejisini hedefleyen yöntemleri, performans tahminlerinin doğruluğunu ve istikrarını artırmış ve geleneksel yöntemlerden daha verimli olmuştur. YSA-GA yaklaşımı, geleneksel CFD-GA yöntemlerine kıyasla hesaplama süresini %75'in üzerinde önemli ölçüde azaltırken daha yüksek yakıt verimliliği ve daha düşük nitrojen oksit emisyonları elde etmiştir. Bu verimlilik, YSA'nın daha düşük hesaplama taleplerinden ve büyük veri kümelerini ve değişken parametreleri etkili bir şekilde ele alma yeteneğinden kaynaklanmaktadır ve motor performansı optimizasyonunu daha da geliştirme potansiyelini göstermektedir. Genel olarak, YSA-GA yöntemi DDFS stratejisinin optimizasyonunda üstün doğruluk, verimlilik, genişletilebilirlik ve esneklik göstermektedir.

Makine öğrenimi, çeşitli CO₂ yönetim süreçlerini geliştirmek için giderek daha fazla uygulanmaktadır. Gupta (2022) çeşitli CO₂ yakalama, depolama, taşıma ve kullanma (CCSTU) süreçlerini incelemiş ve bunların ML yöntemleriyle geliştirilmesini araştırmıştır. İnceleme, absorpsiyon, adsorpsiyon, membranlar, kimyasal döngü, pirojenik karbon yakalama ve depolama (PyCCS), hidratlar ve mineral sekestrasyonu dahil olmak üzere çeşitli karbon yakalama teknolojilerini kapsamaktadır. Ayrıca CO₂ yakalama ve kullanımı için birden fazla yöntemi birleştiren hibrit süreçleri de sınıflandırmaktadır. Sonuçlar, ML yöntemlerinin CCSTU süreçlerini optimize etmek ve yeni malzeme tasarımı dahil etmek için başarıyla uygulandığını ve böylece verimliliği artırdığını vurgulamaktadır. Yazarlar, düşük karbonlu teknolojilerin ticarileştirilmesini hızlandırmak için yapay zeka odaklı modellerin karbon etkisini dikkate alma ve makine öğrenimi uzmanları, deneyselciler ve hesaplamalı modelleyiciler arasında işbirliğini teşvik etme ihtiyacını vurgulamaktadır.

Metropol alanlarındaki artan kentleşme ve endüstriyel faaliyetler hava kirliliği seviyelerini yükseltmiş, bu da gelişmiş hava kalitesi tahmin ve izleme sistemlerini gerekli kılmıştır. Schürholz ve arkadaşları (2020), kirlilik kaynaklarından ve kullanıcıların sağlık profillerinden gelen verilerle entegre edilmiş LSTM DNN kullanarak bağlama duyarlı bir hava kalitesi tahmin modeli geliştirmiştir. Melbourne'daki My Air Quality Index (MyAQI) aracı aracılığıyla uygulanan bu model, hava kalitesini tahmin etmede yüksek hassasiyet (%90-96) göstermiş ve bireysel sağlık koşullarına uyarlanabilirliğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Sowmya ve Ragipani (2022) hava kirlleticilerini etkili bir şekilde yönetmek için IoT ve yapay zekadan yararlanan bir hava kalitesi izleme sistemi önermiştir. Sistemlerinde zararlı gazları ölçmek için sensörler kullanılmakta ve gelecekteki hava kalitesi tahminleri için SVM algoritması kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, kamu bilincini artırmayı ve iç mekan hava kalitesini korumak için proaktif önlemler almayı amaçlamaktadır. Almalawi ve diğerleri (2022), sensör verilerini kullanarak hava kalitesi endeksini analiz etmek için bir model geliştirmek üzere doğrusal regresyon, destek vektör regresyonu (SVR) ve gradyan artırma karar ağaçlarını kullanmıştır. Alimissis ve arkadaşları (2018) YSA ve çoklu doğrusal regresyonu kullanarak, özellikle hava kalitesi izleme ağlarının yoğunluğu sınırlı olduğunda YSA'nın hesaplama avantajları sunduğunu keşfetmiştir.

Ayrıca, sera gazı emisyonlarını azaltarak ve iklim değişikliğini hafifleterek karbon nötrlüğüne ulaşılmasına katkıda bulunabilir (Jahanger vd. 2023; Sahil vd. 2023). Bu, enerji kullanımının optimize edilmesini, çeşitli sektörlerde verimliliğin artırılmasını ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaştırılmasını gerektirir. YZ uygulamaları ayrıca endüstrilerde, şehirlerde ve enerji sistemlerinde karbon ayak izlerinin izlenmesine ve yönetilmesine yardımcı olarak süreçleri daha sürdürülebilir ve daha az karbon yoğun hale getirebilir. Ayrıca YZ, CO₂'nin depolama sahalarındaki davranışını tahmin edebilir ve gazın yeraltında kalıcı olarak tutulmasını sağlamak için bu sahaları izleyebilir (Kushwaha ve ark. 2023). Ayrıca, YZ'nin sürdürülebilir CO₂ yönetimi için umut verici malzemeler yaratmak gibi yenilikçi karbon depolama yöntemleri geliştirme yeteneği de bir başka önemli gücü temsil etmektedir (Zhang ve ark. 2022).

Özetle, yapay zeka odaklı sensör veri analizi, sera gazı emisyonlarının ve hava kalitesinin doğru bir şekilde izlenmesi için gereklidir ve kirliliği azaltmak ve insan sağlığını korumak için proaktif önlemler alınmasını sağlar. Makine öğrenimi algoritmalarından yararlanmak ve IoT sistemlerini entegre etmek, çeşitli çevresel kirleticilerin gerçek zamanlı olarak tespit edilmesini, analiz edilmesini ve bunlara yanıt verilmesini sağlar. Emisyonları tahmin etme ve yönetme ve hava kalitesi izlemeyi geliştirme yeteneği, sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmede ve iklim değişikliği etkilerini azaltmada yapay zekanın önemli potansiyelini göstermektedir. Daha da önemlisi, YZ uzmanları, çevre bilimciler ve politika yapıcılar arasındaki işbirliği, YZ'de daha fazla ilerleme sağlamak ve çevrenin korunması için etkili bir şekilde uygulanmasını sağlamak için vazgeçilmez olacaktır.

4.1.2. Nesnelerin İnterneti Cihazlarının ve Sensör Ağlarının Gücü

IoT cihazlarının ve sensör ağlarının ortaya çıkışı, özellikle çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği olmak üzere çeşitli alanlarda veri toplama ve izlemede devrim yaratmıştır. Bu cihazlar, çok sayıda çevresel parametreyi ölçen gelişmiş sensörlerle donatılmış olup sürekli ve gerçek zamanlı veri toplama olanağı sağlamaktadır. IoT, internet ve diğer ağlar üzerinden iletişim kuran, veri ileten ve paylaşan birbirine bağlı cihazlardan oluşan bir ağı temsil etmektedir. IoT cihazları, çeşitli alanlarda gerçek zamanlı iklim verilerini toplamak için stratejik olarak konuşlandırılmıştır. Bu sensörlerden toplanan veriler, iklim modellerini anlamak, çevresel değişiklikleri izlemek ve iklimle ilgili potansiyel olayları tahmin etmek için hayati önem taşımaktadır. Yapay zeka ile entegre edildiğinde, bu IoT cihazları, özellikle çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği alanlarında veri analizini ve akıllı karar verme ve otomasyon süreçlerini geliştiren AIoT olarak bilinen akıllı bir ağ ve teknolojik çerçeve oluşturur (Bibri 2024).

4.1.2.1. Gerçek Zamanlı İklim Verilerinin Toplanması için Sensörlerin Stratejik Dağıtımı

IoT cihazları, çevresel koşulları sürekli olarak izlemek ve gerçek zamanlı iklim verilerini yakalamak için çeşitli konumlara stratejik olarak yerleştirilebilir. Buna hava istasyonları, su kalitesi sensörleri, hava kalitesi monitörleri ve toprak nemi sensörleri dahildir. Bu sensörlerden toplanan gerçek zamanlı veriler, sürekli bir bilgi akışı sağlayarak iklimle ilgili olaylara daha doğru ve zamanında müdahale edilmesine olanak tanır. Farklı coğrafi alanlardaki bu stratejik konuşlandırma, gerçek zamanlı iklim verilerinin sürekli olarak toplanmasına olanak tanıyarak iklim modellerinin ve değişikliklerinin bütünsel bir görünümünü sağlar. Bu tür gerçek zamanlı veri toplama, etkili iklim eylem stratejileri geliştirmenin temelini oluşturan zamanında ve doğru iklim analizi için kritik öneme sahiptir. Birbirine bağlı sensörlerden oluşan bir ağın konuşlandırılmasıyla, yerel ve küresel iklim modellerine ilişkin ayrıntılı bilgiler sunan kapsamlı veri kümeleri toplanabilir.

Gerçek zamanlı veri toplama, çevresel değişiklikleri izlemek, hava olaylarını tahmin etmek ve uzun vadeli iklim eğilimlerini anlamak için gereklidir. IoT cihazları sıcaklık, nem, yağış, hava kalitesi, atmosferik basınç, rüzgar hızı, güneş radyasyonu, toprak nemi, tuzluluk, deniz seviyeleri, okyanus akıntıları ve sera gazı konsantrasyonları gibi çeşitli çevresel parametreleri ölçebilmektedir. Bu geniş sensör yelpazesi, iklim modellerinin izlenmesi için gerekli kapsamlı verileri sağlamaktadır. Aditama ve diğerleri (2023) çalışmalarında, Dramaga İklim Gözlem İstasyonu'nda IoT tabanlı bir Dijital İklim İstasyonu (DCS) geliştirerek Endonezya'da iklim izlemeyi modernize etmeye odaklanmıştır. DCS, gerçek zamanlı iklim izleme için geleneksel manuel yöntemleri otomatik, internet tabanlı bir sistemle değiştirmeyi amaçlamaktadır. İstasyon hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, hava basıncı, rüzgar, yağış ve toprak sıcaklığı gibi temel iklim parametrelerini ölçmektedir. Endonezya Meteoroloji İdaresi (BMKG) tarafından yönetilen sistemde Campbell CR1000X datalogger, çeşitli meteorolojik sensörler ve güneş enerjisiyle çalışan bir sistem kullanılıyor. Maksimum hata oranı %2,38 olan sensörler, Amazon AWS IoT Core MQTT Broker aracılığıyla veri iletimi yapmaktadır.

MQTT protokolü. Bu veriler daha sonra bir MySQL veritabanında saklanır ve hem masaüstü hem de mobil cihazlardan erişilebilen Grafana aracılığıyla görüntülenir. Sistem, 1440 günlük kayıttan %97'nin üzerinde veri tamamlama ile yüksek bir veri aktarım güvenilirliği göstermiştir. Bu yenilikçi yaklaşım sadece veri doğruluğunu ve gerçek zamanlı izleme yeteneklerini geliştirmekle kalmıyor, aynı zamanda Endonezya'daki iklim gözlem istasyonlarının gelecekteki otomasyonu için bir model oluşturuyor.

Durodola ve diğerleri (2022) çalışmalarında, Nijerya gibi gelişmekte olan ülkelerin düzensiz döviz kurları nedeniyle hava durumu izleme sistemleri ithal ederken karşılaştıkları zorlukları ele almıştır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, radyo yayılım çalışmaları için özel olarak tasarlanmış bir Çevre ve İklim Veri Toplama Sistemi (EC-DAQS) geliştirdiler. EC-DAQS, sıcaklık, ultraviyole ışınları, nem ve ses seviyeleri dahil olmak üzere atmosferik parametreleri ölçmek, kaydetmek ve görüntülemek için bir Arduino Mega2560 mikrodenetleyici ve altı çevre ve hava sensörü kullanır. 0,16 ° C'lik bir ortalama yanlılık hatası (MBE) ve 0,51 ° C'lik bir kök ortalama kare hatası (RMSE) gösteren standart bir kızılötesi termometrenin sıcaklık okumaları ile karşılaştırılarak sistem doğrulandı. Ayrıca, modelleme denklemi birliğe yakın bir eğim (0,994) ve %99,98'lik bir korelasyon göstererek sistemin güvenilirliğini ortaya koymuştur. EC-DAQS, ithal meteoroloji istasyonlarına uygun maliyetli ve verimli bir alternatif sunarak meteorolojik araştırmalar ve radyo yayılım çalışmaları için çok değerli veriler sağlamaktadır. Bu yerli çözümün Nijerya'daki hava durumu ile ilgili araştırma ve uygulamalara önemli ölçüde fayda sağlaması bekleniyor.

Avalon-Cullen ve diğerleri (2023) çalışmalarında, Karayip bölgesinin çoklu tehlikelere karşı yüksek kırılganlığını kabul ederek Jamaika'daki sel ve heyelan risk değerlendirmesini iyileştirmek için Dünya Gözlemlerinin (EO) uygulanmasını araştırmıştır. Yazarlar, bölgenin etkili Ulusal Afet Risk Azaltma (DRR) planlaması ve müdahalesi için gerekli olan tehlikeler, riskler, hasar ve kayıplarla ilgili sınırlı kayıt ve verilerden muzdarip olduğunu vurgulamıştır. Eyleme geçirilebilir içgörüler üretmek ve politika iyileştirmelerine rehberlik etmek için yüksek kaliteli verilere ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır. Çalışma, Jamaika'da sık görülen iki afet olan sel ve toprak kaymalarına odaklanmış ve EO'nun ülkenin DRR stratejilerini nasıl geliştirebileceğini değerlendirmiştir. Bu analiz, artan aşırı hava olayları ve iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle benzer tehditlerle karşı karşıya olan Pasifik bölgesindeki diğer Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletleri (SIDS) için bir model oluşturmayı amaçlamıştır. Çalışma, EO verilerinin, modellerinin ve araçlarının DRR çerçevesine entegre edilmesinin ulusal hazırlık ve müdahaleyi önemli ölçüde güçlendirebileceği sonucuna varmıştır.

Gerçek zamanlı iklim verilerinin elde edilmesi için sensörlerin konuşlandırılmasına ilişkin bu çalışmaların karşılaştırmalı bir analizi, iklim izleme ve afet direncini artırmak için farklı metodolojilerin ve teknolojilerin çeşitli bölgelerde ve bağlamlarda nasıl uygulanabileceğini anlamak açısından özellikle önemlidir. Aditama ve diğerleri (2023), Durodola ve diğerleri (2022) ve Avalon-Cullen ve diğerleri (2023) tarafından yapılan üç çalışma, gerçek zamanlı iklim verilerinin elde edilmesi için sensörlerin stratejik olarak konuşlandırılmasının kritik rolünü vurgulamaktadır. Aditama ve diğerleri (2023) ve Durodola ve diğerleri (2022), doğru ve sürekli çevresel izleme sağlamak için IoT tabanlı iklim istasyonlarının ve veri toplama sistemlerinin geliştirilmesini vurgulamaktadır. Aditama ve arkadaşları Endonezya'daki bir dijital iklim istasyonuna odaklanırken, Durodola ve arkadaşları Nijerya için hava durumu araçlarının ithalatıyla ilgili zorlukların üstesinden gelmek için uygun maliyetli bir sistemin geliştirilmesini ele almaktadır. Avalon-Cullen ve diğerleri (2023) Karayip bölgesindeki tehlikeler, riskler, hasar ve kayıplar hakkında yeterli veri bulunmadığını vurgulamaktadır. Bu kapsamlı veri eksikliği, ulusal afet hazırlığı ve müdahale çabaları için çoklu ve bileşik tehlikelere karşı zorluklar oluşturmaktadır.

Bu üç çalışma arasındaki ilişki, gerçek zamanlı iklim verilerinin elde edilmesi için sensörlerin stratejik olarak konuşlandırılmasının uygunluğunu ve önemini göstermektedir. Aditama ve diğerleri (2023) ve Durodola ve diğerleri (2022) iklim ve çevre izleme için başarılı sensör konuşlandırma örnekleri sunmaktadır.

Avalon-Cullen ve diğerleri (2023) tarafından vurgulanan veri eksikliklerinin giderilmesine yönelik yaklaşımları bilgilendirmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen metodolojiler ve içgörüler entegre edilerek, ulusal hazırlığı, afet direncini ve genel iklim eylem stratejilerini geliştirmek için kapsamlı ve eyleme geçirilebilir veriler toplanabilir. Bu yaklaşım, çevresel izlemenin doğruluğunu artırır ve iklimle ilgili zorluklara etkili bir şekilde yanıt verme yeteneğini güçlendirir.

Genel olarak, IoT cihazlarının ve sensör ağlarının stratejik olarak konuşlandırılması, etkili iklim verilerinin elde edilmesi için gereklidir ve uzak ve ulaşılması zor alanlar da dahil olmak üzere çeşitli coğrafi konumlardaki çevresel koşulların sürekli izlenmesini sağlar. Bu sensörler çeşitli çevresel parametreleri ölçerek doğru iklim değişikliği izleme, analiz, tahmin ve müdahale için gerekli olan büyük miktarda gerçek zamanlı veri toplamaktadır. Bu gerçek zamanlı veriler, iklim modellerini anlamak, hava olaylarını tahmin etmek ve iklimle ilgili etkileri azaltmak için zamanında müdahaleleri bilgilendirmek için temeldir. Bu tür kapsamlı veri toplama çabalarının entegrasyonu, etkili iklim eylem stratejileri geliştirme ve çevresel zorluklara karşı dayanıklılığı artırma becerimizi geliştirir.

4.1.2.2. Erken Uyarı Sistemlerini Güçlendirmek için Yapay Zeka Odaklı Veri Analizinin Entegrasyonu

IoT sensörleri tarafından ve diğer kaynaklardan toplanan veriler, işlenmesi ve yorumlanması için gelişmiş analitik araçlar gerektiren geniş ve karmaşık verilerdir. Yapay zeka odaklı veri analizi bu bağlamda önemli bir rol oynamaktadır. YZ'nin IoT ile entegrasyonu, sofistike veri analizi ve modelleme yetenekleri sağlayarak erken uyarı sistemlerinin işlevselliğini ve sağlamlığını artırır. YZ, IoT ile entegre edildiğinde, aşırı olaylar da dahil olmak üzere yaklaşan hava olayları hakkında gelişmiş uyarılar sağlamak için tanımlanmış iklim modellerini kullanabilir. Bu kombinasyon, gelişmiş gerçek zamanlı veri analizi ve tahmine dayalı modellemeye olanak tanıyarak erken uyarı sistemlerinin doğruluğunu ve güncelliğini önemli ölçüde artırır. Dünya Sistem Modellerinin (ESM'ler) geliştirilmesi önemli olmakla birlikte, mevcut verilerin ve simülasyonların potansiyelini daha iyi anlamak ve en üst düzeye çıkarmak için yapay zeka ve makine öğreniminden yararlanmaya eşzamanlı olarak odaklanılmalıdır (Huntingford et al. 2019).

Yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları, yaklaşan iklim olaylarının göstergesi olan kalıpları, davranışları ve eğilimleri tespit etmek için geçmiş ve gerçek zamanlı verileri analiz edebilir. Bu içgörüler erken uyarı sistemlerini önemli ölçüde geliştirerek sel, kuraklık, kasırga ve orman yangınları gibi doğal afetler için zamanında uyarı yapılmasını sağlar. Yapay zeka destekli erken uyarı sistemleri, olay tahminlerinin doğruluğunu artırarak aşırı hava olaylarının etkilerini hafifletmek için proaktif önlemleri kolaylaştırır, hayat kurtarır ve ekonomik kayıpları azaltır. Sonuç olarak, bu öngörüler topluluklara ve hükümetlere önceden haber vererek, iklimle ilgili felaketlerin zararını ve etkisini en aza indirmek için önleyici eylemlere izin verir. Gerçekten de IoT ve yapay zeka arasındaki sinerjik etkileşim, akıllı karar verme yeteneklerini geliştirmektedir.

Bu rapor boyunca verilen çok sayıda örnek, erken uyarı sistemlerini güçlendirmek için AI veya AIoT odaklı veri analizini entegre etme uygulamalarını doğrulamış ve göstermiştir. Dikkate değer örnekler şunlardır:

- Sel uyarı sistemleri: Yapay zeka algoritmaları, sel olaylarını tahmin etmek için IoT sensörleri tarafından toplanan yağış verilerini, nehir seviyelerini ve hava durumu modellerini analiz eder. Bu sistemler çeşitli bölgelerde etkili bir şekilde uygulanarak topluluklara zamanında uyarılar sunmakta ve hasarı en aza indirmek için proaktif önlemler alınmasını sağlamaktadır. Aşağıdaki girişimler, yapay zeka güdümlü sel uyarı sistemleri bağlamına iyi uyum sağlamakta ve sel gibi iklim risklerini ele almak için yapay zeka, Dünya gözlem verileri ve tahmine dayalı analitiğin kullanıldığı gerçek dünya uygulamalarını göstermektedir:

- **WMO-GEOGLOW:** Dünya Meteoroloji Örgütü, küresel sel tahminleri sunmak için Küresel Dünya Gözlemi - Küresel Sel Farkındalık Sistemi (GEOGLOWS) ile işbirliği yapmaktadır. Bu sistem, önemli sel uyarıları sunmak için Dünya gözlem verilerini ve yapay zeka modellerini kullanarak hassas bölgelerin hazırlanmasına ve etkili bir şekilde müdahale etmesine yardımcı olmaktadır.
- **USAID-NASA SERVIR:** USAID ve NASA'nın ortak projesi olan SERVIR, gelişmekte olan ülkelerde sel tahminini desteklemek için uydu verilerini ve yapay zeka modellerini uygulamaktadır. Bu girişim, özellikle Afrika ve Güneydoğu Asya gibi bölgelerde gerçek zamanlı sel bilgileri sağlayarak afet direncini ve iklim adaptasyonunu artırmaktadır.
- **Google'ın FloodHub'ı:** Google'ın FloodHub'ı nehir seviyelerini, geçmiş verileri ve hava durumu modellerini analiz ederek selleri tahmin etmek için yapay zeka ve makine öğreniminden yararlanıyor. Hindistan ve Bangladeş gibi ülkelerde uygulanan FloodHub, gerçek zamanlı sel tahminleri sunarak toplumların riskleri azaltmak için zamanında harekete geçmesine yardımcı oluyor.

Bu sistemler, yapay zeka odaklı sel uyarı çözümlerinin toplumları zamanında ve etkili önlemler almaları için nasıl güçlendirdiğini ve sonuçta kayıp ve hasarı nasıl azalttığını göstermektedir. Bu sistemler, Dünya gözlem verileri ve tahmine dayalı analitik ile birleştirildiğinde yapay zekanın sağlam erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinde nasıl önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Uluslararası kuruluşlar, hükümetler ve teknoloji şirketleri arasındaki işbirlikleri sayesinde bu girişimler, savunmasız toplumları iklim kaynaklı sellerden ve diğer aşırı hava olaylarından korumaya yönelik küresel çabaları artırmaktadır.

- Gıda güvenliği erken uyarı sistemi: Yapay zeka algoritmaları, hava istasyonlarından, uydu görüntülerinden ve toprak sensörlerinden elde edilen verileri kullanarak hasat yönetimine ilişkin içgörüler ve tahminler sağlar. Bu teknoloji çiftçilerin ekim ve hasat zamanlarını optimize etmelerine, kaynakları daha verimli yönetmelerine ve hasare istilasına veya olumsuz hava koşulları gibi potansiyel sorunları önceden tahmin etmelerine yardımcı olur.
- Kasırga tahmin modelleri: Uydu ve algılama verilerinin yapay zeka odaklı analizlerle birleştirilmesi, kasırgaların yolunu ve yoğunluğunu doğru bir şekilde tahmin etmeye yardımcı olur. Bu, son kasırga sezonlarında kullanılan gelişmiş erken uyarı sistemlerinde görüldüğü gibi, afete hazırlık ve tahliye planlamasında önemli olmuştur.
- Orman yangını tespiti: IoT sensörlerinden gelen sıcaklık, nem ve rüzgar hızı verilerinin yapay zeka algoritmalarıyla entegre edilmesi, orman yangınlarını tespit ve tahmin etme becerisini geliştirdi. Bu erken tespit, yangın söndürme kaynaklarının zamanında konuşlandırılmasına olanak tanıyarak bu yangınların neden olduğu yıkımı en aza indirir.

Bu uygulamalar, erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesinde AI veya AIoT odaklı veri analizinin önemli potansiyelinin altını çizmektedir. AI ve IoT veya AIoT'nin entegrasyonu, karmaşık zorlukları ele alabilen akıllı, duyarlı sistemler yaratarak çevresel değişikliklere ve doğal afetlere verimli bir şekilde yanıt verme yeteneğimizi geliştirir. Bu gelişmeler, iklimle ilgili tehditlere karşı dayanıklılığımızı artırmak için YZ teknolojilerinde sürekli yenilik ve yatırımın önemini vurgulamaktadır. Yapay zeka ve IoT'nin sinerjik kullanımının vurgulanması, etkili iklim eylemi için sağlam, gerçek zamanlı izleme ve tahmin sistemlerinin geliştirilmesinde hayati önem taşıyacaktır.

YZ, gelişmiş öngörülse analitik, gerçek zamanlı veri işleme ve verimli kaynak tahsisi sağlayarak devam eden küresel çabaları önemli ölçüde destekleyebilir, böylece erken uyarı sistemlerinin etkinliğini ve erişimini artırabilir. Mura (2024), gelişmiş erken uyarı sistemleri aracılığıyla risklerin azaltılması için yapay zekadan yararlanılmasıyla ilgili olarak, dünya nüfusunun yaklaşık üçte birinin, özellikle de EAGÜ'ler ve SIDS'lerde erken uyarı sistemlerine erişimden yoksun olduğunu vurgulamıştır. Başta tsunami olmak üzere çeşitli doğal tehlikeler için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinde öncü olan UNESCO, bu girişimde hayati bir rol oynamakta ve aşağıdaki hedeflere ulaşmak için üye devletlerle işbirliği yapmaktadır

bu hedefe yöneliktir. UNESCO, son yıllarda erken uyarı kabiliyetlerini sel, kuraklık, orman yangınları ve buzul erimeleri gibi ek riskleri de kapsayacak şekilde genişletmiştir (Mura 2024). Yapay zekanın yetenekleri sayesinde, bu sistemler daha sağlam hale gelebilir, hayat kurtarabilecek ve ekonomik kayıpları azaltabilecek zamanında ve doğru uyarılar sağlayabilir.

TEC ve Dünya Gözlem Grubu (GEO) (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği 2023b) arasındaki işbirliği, iklim politikası tasarımı ve adaptasyon projeleri için Dünya gözlem teknolojilerinden yararlanmada hassas ülkeleri desteklemeye odaklanmıştır. **Herkes için Erken Uyarılar** girişimi kapsamında ortaklık, TEC'in iklim teknolojisini geliştirme yetkisi ile GEO'nun Yeryüzü gözlemleri alanındaki uzmanlığını bir araya getirmektedir. Amaç, EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde uyum ve dayanıklılık çabaları için çok önemli olan afet riski bilgisini ve bilgisini geliştirmektir.

Bu girişim, 2027 yılına kadar dünyadaki herkesin tehlikeli hava, su ve iklim olaylarından korunmasını sağlamaya yönelik küresel çabayla uyumludur. Bu çabanın bir parçası olarak, TEC ve GEO, Yeşil İklim Fonu ve Adaptasyon Fonu gibi ortaklarla birlikte, politika yapıcılar ve iklim proje ekipleri için afet riski bilgi paylaşımını geliştirmeye odaklanan bilgi ürünleri oluşturacaktır.

İşbirliğinin amacı, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı ve çevresel bozulma gibi birbirleriyle bağlantılı krizleri ele almaktır. TEC ve GEO, özellikle afet riski verilerinin etkili iklim direnci stratejileri için gerekli olduğu Belize gibi hassas ülkelerde, iklim eylemini ve şeffaflığı arttırmak için kritik öneme sahip olan Dünya gözlem teknolojisi ve verilerine eşit erişim sağlamayı amaçlamaktadır. Bu ortaklık, dünyanın en savunmasız topluluklarını desteklemeye odaklanarak, küresel erken uyarı sistemlerindeki boşlukları doldurmak için yenilikçi teknolojilerden yararlanmaya yönelik daha geniş bir stratejinin parçasıdır.

BM Herkes İçin Erken Uyarı Girişimi (EW4All) (Birleşmiş Milletler 2024), iklim kaynaklı afetlere karşı küresel dayanıklılığı arttırmak için çok önemli bir strateji olarak hizmet etmektedir. Bu girişim, afete hazırlık konusunda kritik bir ilerlemeyi hedeflemektedir. EW4All, yapay zeka ve uydu görüntüleri gibi en son teknolojileri entegre ederek, özellikle en hassas bölgeler olan SIDS ve LDC'lere odaklanarak 2027 yılına kadar dünya genelinde kapsamlı erken uyarı sistemleri kurmayı amaçlamaktadır.

BM Herkes için Erken Uyarılar Girişimi (EW4All)

Ülke:

EAGÜ'ler ve SIDS - Etiyopya

İlgili kuruluşlar: Microsoft, Planet Labs, Washington Üniversitesi Sağlık Ölçümleri ve Değerlendirme Enstitüsü (IHME), Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (UNDRR)

Kısa açıklama

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (UNDRR) tarafından Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) ve Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu (IFRC) işbirliğiyle yürütülen Herkes için Erken Uyarılar girişimi, 2027 yılı sonuna kadar hayat kurtaran erken uyarı sistemleri aracılığıyla dünyadaki herkesin tehlikeli hava, su veya iklim olaylarından korunmasını sağlamaya yardımcı olacak üst düzey bir girişimdir. İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin daha aşırı hava koşullarına yol açmasıyla birlikte, erken uyarı sistemlerine duyulan ihtiyaç her zamankinden daha önemli hale gelmiştir. İnsanları yaklaşan fırtınalar, seller veya kuraklıklar konusunda uyarı sistemler bir lüks değil, hayat kurtaran ve ekonomik kayıpları azaltan uygun maliyetli bir araçtır.

Erken uyarı sistemleri ölümlerin azalmasına yardımcı olmuş ve tehlikeli hava, su veya iklim olaylarından kaynaklanan kayıp ve zararları azaltmıştır. Ancak, özellikle SIDS ve LDC'lerde hala büyük boşluklar bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri António Guterres, 2022 yılında, erken uyarı sistemlerinin 2027 yılına kadar dünyadaki herkesi korumasını sağlamak için küresel bir çaba gösterilmesi çağrısında bulundu.

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Uyum Etkileri ve Sonuçları

Microsoft, Planet Labs ve Washington Üniversitesi Sağlık Ölçümleri ve Değerlendirme Enstitüsü (IHME), iklim değişikliği nedeniyle en büyük risk altında olan toplulukların nüfus büyüklüklerini doğru bir şekilde tahmin etmek ve zaman içindeki nüfus artışını izlemek için yapay zeka, uydu görüntüleri ve tahmine dayalı modelleme kullanıyor. İnsanların nerede yaşadığını net bir şekilde anlamak, hazırlık önlemleri almak ve temel kaynakları sağlamak için temel teşkil etmektedir.

Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma (UNDRR) ekipleri ve Herkes için Erken Uyarılar girişimine katkıda bulunan diğer ortaklarla birlikte, genellikle iklim değişikliğiyle bağlantılı afet etkileri riski altındaki toplulukların belirlenmesine yardımcı olmak için Etiyopya Sulama ve Ova Bakanlığı ve Etiyopya Yapay Zeka Enstitüsü ile birlikte çalışıyoruz. Bu girişimi temel alarak, çabalarımızı Herkes için Erken Uyarılar'ın öncelikli olduğu diğer ülkelerin ihtiyaçlarına yönelik olarak genişletmeyi hedefliyoruz.

Risk altındaki toplulukların belirlenmesinde yapay zeka ve uydu görüntülerinin dönüştürücü potansiyeline şimdiden tanık olduk. Hindistan'daki kar amacı gütmeyen ortağımız SEEDS ile işbirliği içinde, siklon eğilimli bölgelerde yıkıma açık evleri belirlemek için yapay zeka ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri uyguluyoruz. Bu sayede SEEDS, ortakları ve yerel yönetimler afete hazırlık ve müdahale çalışmalarını en yüksek riskli bölgelere odaklayarak hayat kurtarabiliyor ve hasarı azaltabiliyor.

Libya ve Fas'ta yakın zamanda yaşanan felaketler de etkilenen nüfus ve bölgelerin büyüklüğü ve özelliklerinin hızlı bir şekilde kavranmasının kritik önemini altını çizmiştir. Bu tür durumlarda zaman çok önemlidir. Planet Labs PBC tarafından sağlanan yüksek çözünürlüklü uydu verilerini yapay zeka ile birlikte kullanarak etkilenenlere yardımcı olmanın gücünü ilk elden deneyimlerimizle fark ettik. Bu değerli bilgileri paylaşarak müdahale ve kurtarma çabalarına yardımcı olmaya kararlıyız.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

EW4All girişimini geliştirme ve uygulama yolculuğu bazı temel zorluklarla ilişkilidir ve aynı zamanda değerli dersler de sunmaktadır:

Kapsamlı Küresel Haritalamanın Önemi: Bu projeden çıkarılan kritik derslerden biri, Küresel Kuzey'de haritalarımızın güncel olduğu ve insanların yaşadıkları yerleri tam olarak temsil ettiği yanılmasıdır. Ancak, 2023 yılında Afganistan'da meydana gelen deprem önemli bir boşluğu ortaya çıkarmıştır: kırsal alanlarda etkilenenlerin büyük bir kısmı mevcut haritalarda yer almamaktadır. Bu durum, gezegendeki her bireyin haritalanmasını sağlamaya yönelik acil ihtiyacın altını çizdi; bu hedef, yapay zeka kullanılarak ve Planet'in günlük uydu verilerinin kullanılabilirliği sayesinde artık daha ulaşılabilir hale geldi. Bu yetenek, etkili afet müdahalesi ve kaynak tahsisi için çok önemli olan kapsamlı küresel haritalamaya ulaşma yolunda dönüştürücü bir adımı temsil etmektedir.

Afet Müdahalesinde Erişilebilir YZ Araçlarının Zorluğu: Bu projeden çıkarılan bir diğer önemli ders, afet müdahale senaryolarında YZ araçlarının erişilebilirliği ile ilgilidir. Proje, afetten etkilenen bölgelerde YZ modellerini çalıştırmak için gereken araçların, özellikle haritalama verilerine ihtiyaç duyan ancak kurum içi yazılım geliştirme uzmanlığına sahip olmayan kuruluşlardaki son kullanıcılar için çok karmaşık kaldığını vurgulamıştır. Bu boşluk, HASTE Projesinin (Acil Durumlar için Yüksek Hızlı Değerlendirme ve Uydu Takibi) geliştirilmesinin arkasındaki temel itici güç olmuştur. HASTE Projesi, gelişmiş yazılım geliştirme becerilerine olan ihtiyacı ortadan kaldırmak için tasarlanmış açık kaynaklı bir araçtır ve daha geniş bir kullanıcı kitlesinin hızlı ve etkili afet müdahalesi için yapay zekadan yararlanmasını sağlar. Bu yeniliğin, dünya çapında afet yönetimi çabalarının verimliliğini ve kapsayıcılığını artırmada kritik bir adım olacağına inanıyoruz.

Özetle, IoT cihazlarının ve yapay zeka teknolojilerinin uydu görüntüleriyle entegrasyonu, iklim verilerinin toplanmasını ve erken uyarı sistemlerini dönüştürmüştür. Sensörlerin stratejik olarak konuşlandırılması kapsamlı, gerçek zamanlı çevresel izleme sağlarken, yapay zeka odaklı veri analizi tahminlerin ve uyarıların doğruluğunu ve etkinliğini artırmaktadır. Bu güçlü kombinasyon, iklim dinamikleri konusundaki anlayışımızı geliştirmekte ve toplumları ve ekosistemleri iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden korumak için proaktif önlemleri desteklemektedir. AIoT, ilerlemeye devam ettikçe, iklim izleme ve afet yönetiminde uygulanması şüphesiz daha da sofistike ve etkili hale gelecektir.

4.1.2.3. İklim Değişikliğini Azaltma ve Uyum Stratejilerini Geliştirmek için Nesnelerin Yapay Zekası

Gerçek zamanlı izleme ve veri toplama ve işleme için AIoT çerçevesi, iklim değişikliği anlayışımızı geliştirmede ve etkili azaltma ve uyum stratejileri geliştirmede AI ve IoT teknolojilerini entegre etmenin temel rolünü vurgulamaktadır. Bu çerçeve, iklim izleme ve analizinin doğruluğunu ve güncelliğini artırarak, IoT cihazlarından gerçek zamanlı veri toplamanın gelişmiş yapay zeka odaklı analitik modellerle entegrasyonu sayesinde iklimle ilgili zorluklara daha bilinçli karar verme ve proaktif yanıtlar verilmesini sağlar.

AIoT olarak bilinen yapay zeka ve IoT'nin son zamanlardaki çığır açan yakınsaması, IoT sistemlerini yeni zeka yetenekleriyle güçlendirmektedir. Bu yakınsama, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği gibi birçok alanda uygulama göstermektedir (Bibri 2024; Bibri vd. 2023, 2024b; El Himer vd., 2022; Dheeraj vd., 2020; Ohopra vd., 2022; Popescu vd. 2024; Rane vd. 2024; Tomazzoli vd., 2020; Samadi 2022). Gelişmiş sensörlerle donatılan IoT cihazları, çevreden büyük miktarda veri toplanmasını sağlar ve bu veriler daha sonra yapay zeka sistemleri tarafından işlenip analiz edilerek eyleme geçirilebilir içgörüler üretilebilir. Bu içgörüler, kaynak yönetimini iyileştirmek, tahmin yeteneklerini geliştirmek ve daha verimli çevresel izleme sistemleri geliştirmek için kullanılabilir ve sonuçta daha etkili iklim değişikliği azaltma ve uyum stratejilerine yardımcı olabilir. AIoT'nin sinerjik ve işbirlikçi entegrasyonu, karmaşık çevresel zorlukları ele alabilen akıllı, duyarlı sistemler oluşturmak için hem AI hem de IoT'nin güçlü yönlerinden yararlanmaktadır (Bibri ve ark. 2024a).

Rapor boyunca, çevresel izleme ve veri toplamanın geliştirilmesinde IoT cihazlarının ve sensör ağlarının stratejik dağıtımının gücünü gösteren çok sayıda açıklayıcı örnek verilmiştir. Bu örnekler, toplanan büyük miktarda verinin işlenmesi ve analiz edilmesinde, daha doğru tahminler ve bilinçli karar verme süreçleri sağlanmasında ve dolayısıyla iklim değişikliğinin çeşitli zorluklarının ele alınmasında yapay zeka tekniklerinin kritik rolünün altını çizmektedir. Örneğin, sel izlemede (Ibarreche ve ark. 2020), stratejik olarak yerleştirilmiş IoT sensörleri yükselen su seviyelerini tespit edebilir ve potansiyel sel olaylarını tahmin ederek zamanında tahliyelere ve kaynak dağıtımına izin verebilir. Aşırı hava olayları sırasında yapay zeka sistemleri, erken uyarılar sağlamak ve acil durum müdahalelerini optimize etmek için IoT tarafından üretilen verileri analiz edebilir. Hassas tarımda sensörler toprak nemini, hava koşullarını ve mahsul sağlığını izleyerek çiftçilerin üretkenliği ve sürdürülebilirliği artıran veri odaklı kararlar almasını sağlar. Enerji optimizasyonu, akıllı şebeke yönetimi ve gerçek zamanlı tüketim modellerine dayalı verimli enerji dağıtımı yoluyla AIoT'den yararlanır. Yenilenebilir enerjide AIoT, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu ve optimizasyonunu daha da geliştirerek daha güvenilir ve esnek enerji sistemlerini teşvik eder. AIoT'nin önemli bir rol oynadığı diğer alanlar arasında orman yangınlarının izlenmesi ve yönetilmesi, ormansızlaşma oranlarının izlenmesi, hava ve su kalitesinin değerlendirilmesi ve hatta kentsel planlamanın optimize edilmesi yer almaktadır.

ısı adası etkilerinin azaltılması. Genel olarak, AIoT çözümlerinin uygulanması, çevresel değişikliklere proaktif bir şekilde yanıt verme kapasitesini artırmakta ve nihayetinde daha sürdürülebilir ve dirençli bir geleceğe katkıda bulunmaktadır.

AIoT'nin işleyişi, IoT cihazları tarafından üretilen büyük miktarda veriyi işlemek ve yorumlamak için gelişmiş veri analitiği ve AI tekniklerinden yararlanarak çeşitli çevresel parametreler ve değişiklikler hakkındaki anlayışımızı geliştirmektedir. Bu entegrasyon, çevresel zorluklara karşı daha doğru tahminler ve etkili yanıtlar verilmesini sağlayarak iklim değişikliğini azaltma ve uyum stratejilerinin etkinliğini artırmaktadır (Bibri 2024; Bibri vd. 2023; Dheeraj vd. 2020; Mishra 2023; Popescu vd. 2024; Samadi 2022; Rane vd. 2024; Shaamala vd. 2024). Başka bir deyişle, AIoT, çevresel etkilerin izlenmesi, tahmin edilmesi ve azaltılması için gelişmiş araçlar ve metodolojiler sağlayarak iklim değişikliğinin ele alınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Thamik ve diğerleri (2024), AIoT'nin SKH'ler için uygulamalarını tartışmış ve AIoT'nin çevre koruma, yenilenebilir enerji teknolojisi, sürdürülebilir tarım, su yönetimi vb. ile ilgili belirli SKH'lere ulaşmak için nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır. Ayrıca ML, DL, CV, NLP ve IoT platformlarını ele almışlar ve SKA'lara ulaşmak için bu teknolojilerden yararlanmayla ilgili fırsatları incelemişlerdir.

Bu rapor boyunca incelenen çalışmalara dayanarak, AIoT'nin çeşitli çevresel uygulamalarda önemli bir potansiyele sahip olduğu açıktır. AIoT sistemleri, hava ve su kalitesi, toprak koşulları ve hava durumu modelleri hakkında kapsamlı veriler toplamak için IoT sensörlerini çeşitli ortamlara dağıtabilir. Makine öğrenimi algoritmaları, anomalileri tespit etmek ve çevresel değişiklikleri tahmin etmek için bu verileri analiz ederek potansiyel riskleri azaltmak için proaktif önlemler alınmasını sağlar. İklim modelleme ve tahmininde, IoT verileriyle entegre DL modelleri iklim modellerinin ve tahminlerinin doğruluğunu artırır. Bu modeller çeşitli iklim senaryolarını simüle ederek politika yapıcılara ve bilim insanlarına potansiyel etkileri anlamada ve riskleri azaltmak için stratejiler geliştirmede yardımcı olur. Afet müdahalesinde AIoT, gerçek zamanlı veriler ve tahmine dayalı analitik yoluyla müdahale çabalarında önemli ölçüde etkilidir. Örneğin, CV donanımlı dronlar doğal afetlerin ardından hasarı değerlendirebilirken, makine öğrenimi modelleri gelecekteki olayların olasılığını tahmin edebilir ve böylece hazırlık ve kaynak tahsisini iyileştirebilir. ML, DL ve CV'nin entegrasyonu sayesinde AIoT, iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu için sağlam çözümler sunarak karmaşık çevresel zorlukları akıllı, duyarlı sistemlerle ele alıyor.

4.2 İklim Modellemesi ve Tahmini

İklim değişikliği yoğunlaştıkça, doğru iklim modellemesi ve tahminine duyulan ihtiyaç giderek daha kritik hale geliyor. Makine öğrenimi de dahil olmak üzere yapay zeka, iklim olaylarını anlama ve tahmin etme konusunda dönüştürücü yetenekler sunmaktadır. Bu teknolojiler, geniş veri kümelerinden ve sofistike algoritmalarından yararlanarak aşırı hava olaylarını tahmin etme, iklim etkilerini değerlendirme ve etkili uyum stratejileri geliştirme becerimizi geliştirmektedir.

4.2.1 Makine Öğreniminin İklim Modellemesindeki Dönüştürücü Rolü

Makine öğrenimi, hava olaylarını tahmin etmenin ve iklim değişikliğinin etkilerini anlamının doğruluğunu ve verimliliğini artırarak iklim modellemesine önemli ölçüde katkıda bulunur. Ayrıca, bilinçli karar verme ve politika geliştirme için hayati önem taşıyan iklim verilerindeki kalıpları ve eğilimleri belirleyerek uyarlanabilir stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olur.

4.2.1.1. Aşırı Hava Olaylarını ve Afet Senaryolarını Tahmin Etmek için Algoritmaların Kullanılması

Gözlem uyduları tarafından sağlanan büyük miktarda veri, iklim modellerinin karmaşıklığı ile birleştiğinde, yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojilerini hava tahmini ve afet senaryolarında giderek daha önemli hale getirmiştir. Kasırgalar gibi aşırı hava olaylarını tahmin etmek için gelişmiş yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları kullanılmaktadır,

çok miktarda geçmiş ve gerçek zamanlı hava durumu verisini analiz ederek kasırgalar, gök gürültülü fırtınalar, seller ve sıcak hava dalgaları. Bu durum, yapay zeka ve makine öğreniminin daha hassas tahminler ve zamanında müdahaleler sağlayarak sunduğu gelişmiş gözlem ve hesaplama tekniklerine olan ihtiyacın ve öneminin altını çizmektedir.

NASA ve IBM Research, hem bölgesel hem de küresel ölçekte hava ve iklim tahminlerini iyileştirmek için tasarlanmış yapay zeka destekli bir araç olan Prithvi-hava-iklim temel modelini geliştirmek için işbirliği yapmıştır (Barnett 2023). Bu model, NASA'nın MERRA-2 gibi kapsamlı veri setlerinden yararlanmakta ve çeşitli hava ve iklim senaryolarına uygulanabilecek kalıpları tespit etmek için yapay zekayı kullanmaktadır. Model, NASA'nın topluluklar, kuruluşlar ve politika yapımcılar için karar verme sürecini bilgilendirebilecek eyleme geçirilebilir, yüksek çözünürlüklü iklim tahminleri üretme stratejisinin bir parçasıdır. Prithvi modeli, şiddetli hava durumu tespiti, yerelleştirilmiş tahminler ve iklim modellerinde mekansal çözünürlüğün iyileştirilmesi gibi uygulamaları geliştiriyor. IBM, Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı ve diğer ortaklarla işbirliği içinde geliştirilen model, çözünürlüğü korurken ve eksik verilerle bile karmaşık atmosferik süreçleri yakalarken bölgeler arasında ölçeklenecek şekilde tasarlanmıştır. Prithvi- weather-climate, NASA'nın bilimsel verilere erişimi demokratikleştirmeye yönelik açık bilim ilkeleriyle uyumlu olan Prithvi ailesindeki çeşitli modellerden biridir. Bu yılın sonlarına doğru makine öğrenimi ve veri bilimi platformu olan Hugging Face'te kullanıma sunulacaktır. Bu girişim, NASA'nın geniş Dünya gözlem arşivlerinin küresel toplum için daha erişilebilir ve etkili hale getirilmesinde ileri bir adımdır.

Yapay zekanın veri işleme ve toplama konusundaki yetenekleri, dijital model tahminlerinin doğruluğunu artırmakta, bu modeller ile gerçek dünya koşulları arasındaki boşluğu doldurmakta ve böylece gelecekteki sonuçların daha doğru tahmin edilmesini sağlamaktadır (McGovern et al. 2017). Yüksek kaliteli iklim tahminleri, çeşitli sera gazı emisyon senaryolarının etkilerini anlamak ve iklim değişikliğini hafifletmek ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için etkili stratejiler geliştirmek için önemlidir (Bonan ve Doney 2018).

YZ, aşırı hava olaylarının tahminini iyileştirerek iklim değişikliğinin azaltılmasına yardımcı olabilir. En önemlisi, hava tahmini temelde bir veri sorunudur ve YZ tarafından analiz edilen veri hacmi arttıkça, doğruluğu artacak ve böylece aşırı hava olaylarının etkileri azalacaktır (Chen ve ark. 2023). YZ, büyük miktarda geçmiş hava durumu verisini analiz ederek, kalıpları ve anormallikleri belirleyebilir ve daha doğru tahmin modellerinin geliştirilmesini sağlayabilir. Bu gelişmiş tahminler, şiddetli hava koşullarına daha iyi hazırlanmaya ve müdahale etmeye yardımcı olur, sonuçta potansiyel hasarı azaltır ve dayanıklılığı artırır. Gerçekten de, gelişmiş makine öğrenimi ve DL teknikleri, insan analistlerin hemen fark edemeyeceği karmaşık örüntüleri ve korelasyonları belirlemek için yaygın olarak uygulanmaktadır. Örneğin, RF ve SVM gibi makine öğrenimi teknikleri, hava durumu modellerini ve aşırı olayları tahmin etmek üzere iklim verilerini analiz etmek için kullanılabilir. CNN'ler ve RNN'ler dahil olmak üzere DL teknikleri, büyük hacimli verilerin işlenmesinde ve doğru iklim modellemesi ve tahmini için gerekli olan karmaşık zamansal ve mekansal bağımlılıkların yakalanmasında özellikle etkilidir. Bu teknikler, iklim verilerindeki gizli içgörülerini ortaya çıkararak daha kesin ve eyleme geçirilebilir tahminlere katkıda bulunabilir.

Yapay zeka modelleri, bu gizli kalıpları kullanarak aşırı hava olaylarının olasılığını ve potansiyel şiddetini daha doğru bir şekilde tahmin edebilir ve böylece erken uyarı sistemlerini geliştirebilir. Bunu yapmak için, kapsamlı veri kümeleri oluşturmak üzere uydu görüntüleri, meteoroloji istasyonu kayıtları ve okyanus şamandıraları dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen verileri işlerler. Kanıtlar, büyük veri madenciliği ve sinir ağlarının hava tahmini iş akışına dahil edilmesinin tahminlerin doğruluğunu artırabileceğini göstermektedir (Shultz ve ark. 2021). Bu, DL yaklaşımlarının mevcut sayısal hava durumu modellerinin ve veri asimilasyon sistemlerinin yerini tamamen alıp alamayacağı etrafında dönmektedir. Yapay zekanın sayısal iklim simülasyonu verileriyle entegre edilmesi, gözlem verilerindeki boşlukları etkili bir şekilde kapatabilir ve böylece iklim tahminlerindeki belirsizliği ve önyargıyı azaltabilir (Kadow ve ark. 2020). Fiziksel ve sayısal modellere dayanan mevcut hava tahmin teknolojileri, aşağıdakileri hesaba katmadıkları için genellikle hatalı ve sınırlıdır

Küresel ısınma gibi değişkenler için yapay zeka teknolojileri uzun vadeli iklim değişikliğini ve kısa ila orta vadeli aşırı hava olaylarını daha etkili bir şekilde tahmin edebilir (Jeon ve Kim 2024).

Son zamanlarda yapılan çalışmalar, doğal afetlerin etkilerini tahmin etmek, bunlara hazırlanmak ve hafifletmek için yenilikçi çözümler sunarak afet ve aşırı hava durumu yönetimini geliştirmede YZ ve ML/DL'nin önemli potansiyelini vurgulamaktadır. Gupta ve diğerleri (2022), YZ ve bulut tabanlı işbirliği platformları aracılığıyla afet, aşırı hava koşulları ve acil durum yönetimini geliştirmeye odaklanmıştır. Uzmanlarla yarı yapılandırılmış görüşmeler de dahil olmak üzere nitel yöntemler kullanarak 4-AIDE çerçevesini geliştirmişlerdir. Çalışma, YZ'nin iki yönlü iletişim, veri toplama, analiz ve stratejik müdahale formülasyonunu kolaylaştırmadaki rolünü vurgulamıştır. Sonuçlar, bu teknolojilerin etkili yönetim stratejileri sağladığını, dayanıklılığı artırdığını ve politika yapımcıların beklenmedik aşırı hava olaylarına hazırlanmalarına yardımcı olduğunu göstermiştir. Lopez-Gomez ve diğerleri (2023), evrimsel mimarilere sahip sinirsel hava modellerini (NWM'ler) kullanarak aşırı sıcaklık tahminlerini geliştirmeye odaklanmıştır. Geçmiş veriler üzerinde eğitilen bu modeller, 28 güne kadar küresel olarak yüzey sıcaklığı anomalilerini tahmin etmiştir. Çalışma, aşırı uçları vurgulamak için uyarlanmış özel kayıp fonksiyonlarının kullanılmasının sıcak hava dalgası tahmin doğruluğunu önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. Bu yöntem aynı zamanda genel sıcaklık tahmin becerilerini korumuş ve mevcut modellerin genel teslim sürelerinden daha iyi performans göstermiştir.

Ampirik bir perspektiften bakıldığında, yapay zeka ve makine öğrenimi tekniklerinin gerçek dünyadaki uygulamaları, iklim tahminini ve afete hazırlığı geliştirmedeki değerlerini giderek daha fazla kanıtlamaktadır. Kagabo ve arkadaşları (2024), Ruanda'daki aşırı yağış olaylarını tahmin etmek için ML tekniklerini, özellikle de LSTM ağlarını kullanarak hassas bir yağış tahmin modeli geliştirmiştir. Çalışma, kapsamlı geçmiş yağış verilerini analiz etmiş ve LSTM'nin CNN'ler ve GRU'lar gibi diğer algoritmalarından daha iyi performans göstererek %99,8'e varan doğruluk oranına ulaştığını ortaya koymuştur. Araştırma, LSTM'nin veri düzensizliklerini ele alma, tahmin sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirme ve Ruanda'da afete hazırlık ve risk azaltma çabalarını geliştirme yeteneğini vurguladı. Benzer şekilde, Burundi, Çad ve Sudan gibi ülkelerde iklim değişikliğine karşı savunmasız toplulukları desteklemek için Afrika'daki bir Birleşmiş Milletler girişimi aracılığıyla yapay zekadan yararlanılmaktadır (WEF 2024). IKI Projesi, hava durumu modellerini tahmin etmek için yapay zeka teknolojisini kullanarak toplulukların ve yetkililerin iklim değişikliğinin etkilerine daha iyi hazırlanmasını ve uyum sağlamasını mümkün kılmaktadır.

Diğer iklimsel özelliklerin tahmini ile ilgili olarak Chen ve arkadaşları (2020), üç modeli (derin sinir ağı, zaman CNN'leri ve kısa süreli bellek sinir ağı) SVM, rastgele model ve ampirik denklem ile karşılaştırarak Kuzeydoğu Çin Ovası'ndaki günlük evapotranspirasyonu hesaplamıştır. Duan ve arkadaşları (2021), DL ve Himawari-8 radyasyon verilerini kullanarak radar yansıtıcılığını ve yağmur oranını (RR) yeniden yapılandırmak için veri odaklı bir model geliştirmek üzere CNN'leri kullanmıştır. Pullman ve diğerleri (2019), dolu tespiti için kızılötesi parlaklık sıcaklığını ve doluyla ilgili diğer parametreleri belirlemek için DL'yi kullanmıştır. Adikari ve diğerleri (2021), sel ve kuraklık olaylarını tahmin etmede dalgacık ayrıştırma fonksiyonu, CNN'ler, kısa süreli bellek ağı ve uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sisteminin (ANFIS) tahmin yeteneklerini karşılaştırmıştır.

YZ'nin büyük veri kümelerini işleme ve analiz etme yeteneği, uzun vadeli iklim eğilimlerinin belirlenmesine yardımcı olur, sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmeyi amaçlayan politika kararlarını bilgilendirir. YZ, politika yapımcıların hem azaltım hem de uyum ihtiyaçlarını ele alan daha etkili iklim eylem planları oluşturmalarını sağlar. Örneğin, kasırga sezonu boyunca bu modeller, hükümetlerin ve toplulukların tahliyeler, kaynak tahsisi ve acil durum müdahale stratejileri hakkında bilinçli kararlar almasına yardımcı olan güncellenmiş tahminler sağlayabilir. Benzer şekilde, sel tahmini için makine öğrenimi modelleri, sel olaylarını tahmin etmek için yağış modellerini, nehir seviyelerini ve toprak nem içeriğini analiz edebilir ve böylece proaktif önlemler alınmasını sağlayabilir (Samadi 2022). Jiang ve diğerleri (2023), özellikle kuraklık ve sellerle ilgili olarak iklim değişikliğini önemli ölçüde etkileyen güneş aktivitesi için erken tespit ve uyarı yeteneklerini geliştirmek için yapay zekayı kullanmıştır. Yazarlar, üç boyutlu

meteorolojik ve ekolojik kuraklık olaylarını tanımlamak için tanıma teknikleri ve daha sonra uzamsal-zamansal örtüşme kurallarını kullanarak yayılan kuraklık olaylarını çıkarmıştır. Genel olarak, ML algoritmalarının hava durumu tahminine entegrasyonu, tahminlerin doğruluğunu artırır ve zamanında ve etkili müdahale stratejilerini kolaylaştırarak aşırı hava olaylarının etkisini azaltmada önemli bir rol oynar.

4.2.1.1. İklim Değişikliğinin Yerel Ekosistemler Üzerindeki Etkilerinin Gelişmiş Yapay Zeka Modelleriyle Değerlendirilmesi

Gelişmiş yapay zeka modelleri, özellikle de makine öğrenimi tekniklerinden yararlananlar, iklim değişikliğinin yerel ekosistemler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu modeller çeşitli iklim senaryolarını simüle ederek araştırmacıların biyoçeşitlilik, bitki örtüsü modelleri ve su kaynaklarındaki değişiklikleri tahmin etmelerini sağlayabilir. Bu öngörü yeteneği, hedeflenen koruma stratejilerinin geliştirilmesi ve iklim değişikliğinin ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmek için politika kararlarının bilgilendirilmesi için gereklidir. Ayrıca, yapay zeka modelleri, ekosistem dinamiklerinin ve değişen iklim koşullarına verdikleri tepkilerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için uydu görüntüleri ve yer tabanlı sensörler gibi farklı kaynaklardan gelen verileri entegre edebilir. Bu bilgiler, iklim değişikliğinin yerel ve bölgesel düzeylerdeki etkilerine uyum sağlama ve bu etkileri yönetme becerilerimizi geliştirmek açısından büyük önem taşımaktadır.

Makine öğrenimindeki son gelişmeler, veri odaklı modelleme (DDM) yeteneklerini genişleterek yapay zekanın gözlemlenen değişkenler arasındaki korelasyonları hesaplayarak ve bunlardan yararlanarak sistem davranışlarını çıkarmasını sağlamıştır (Willcock ve ark. 2018). Willcock ve arkadaşları (2018) Güney Afrika'da yakacak odun kullanımını modellemek için ARIES ve Weka yazılımlarını kullanmıştır. Bulguları, DDM'nin %64-91'lik bir doğrulukla, yüksek yakacak odun kullanımı olan alanları %54-77'lik bir doğruluğa sahip geleneksel modelleme teknikleri kadar etkili bir şekilde belirleyebildiğini göstermektedir. Bu da DDM'nin önemli yakacak odun kullanımına sahip bölgeleri güvenilir bir şekilde belirleyebildiğini ve kaynak yönetimi ve politika oluşturma için değerli bilgiler sağladığını göstermektedir. Çalışma, DDM'nin ekosistem hizmetlerinin modellenmesinde kilit bir role sahip olduğu sonucuna varmaktadır.

Benzer şekilde, Zhu ve diğerleri (2022) su kalitesinin değerlendirilmesinde makine öğrenimi kullanımını incelemiş, karmaşık veri kümelerinin analizinde ve su koşullarının tahmininde etkinliğini göstermiştir. Ahmed ve arkadaşları (2019), su kalitesi tahmini için makine öğrenimi tekniklerini daha fazla araştırmış ve bunların tahmin doğruluğunu artırma ve daha iyi su kaynakları yönetimini destekleme potansiyelini vurgulamıştır. Yin ve arkadaşları (2021), minimum veriyle kısa vadeli sulama suyu kullanımını tahmin etmek için dinamik bir YSA mimarisi, Bayes çerçevesi ve genetik algoritmayı birleştiren yenilikçi bir yöntem geliştirmiştir. Bu teknik, ekolojik kaynakları kategorize etmekte, çevresel kanallar ve stratejik noktalar oluşturmada ve kentsel büyüme ve karasal ekosistem restorasyonu için planlama sağlamaktadır. Sinir ağları ve gelişmiş algoritmalar, ekosistem sağlığını ve biyolojik çeşitliliği koruma, çölleşmeyle mücadele etme, toprak bozulmasını önleme ve deniz kirliliğini azaltma çabalarını büyük ölçüde geliştirebilir (örneğin, Mohamadi vd.; Nunes vd. 2020; Vinuesa vd. 2020). Bu teknolojiler, doğru tahminler sağlayarak, kritik müdahale noktalarını belirleyerek ve kaynak yönetimi stratejilerini optimize ederek koordineli eylemlerin geliştirilmesini sağlar.

Yapay zeka, toprak sağlığını değerlendirmek ve bozulmuş tarım arazilerinin restorasyonuna yardımcı olmak için dronlardan ve uydulardan gelen verileri etkili bir şekilde analiz edebilir. Uzaktan algılama, yer sensörleri ve geçmiş toprak veri tabanlarından gelen verileri kullanarak kum ve kil fraksiyonları, nem içeriği, pH seviyeleri, organik karbon içeriği ve besin seviyeleri dahil olmak üzere çeşitli toprak özelliklerini ve koşullarını tahmin edebilir (Li ve ark. 2022). Ayrıca, mikrobiyal DNA dizilimi gibi çeşitli kaynaklardan gelen verileri entegre ederek, yapay zeka toprak biyoçeşitliliğini ve genel sağlığı değerlendirebilir (Wilhelm ve ark. 2022). Yapay zeka, toprak neminin izlenmesini geliştirerek kuraklık modelleri ve kuruluk eğilimleri hakkında değerli bilgiler sunar (Skulovich ve Gentine 2023). Bu gelişmiş izleme yeteneği şunları destekler

Sürdürülebilir tarım uygulamaları, su kullanımını optimize ederek ve toprakta karbon birikimini artırarak iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunur ve böylece arazinin iklim etkilerine karşı direncini artırır.

Makine öğrenimi teknikleri, iklim değişkenlerinin yerel flora ve faunayı nasıl etkilediğine dair içgörüler sağlayarak çevresel verileri analiz etmek için kullanılır. Makine öğrenimi algoritmaları, sürekli artan büyük veri akışının kullanımını kolaylaştırarak ekosistem hizmet modellerinin çeşitli ölçeklerde uygulanmasına yardımcı olur (Willcock ve ark. 2018). Bu yaklaşım, ekosistem hizmetlerinin farklı faydalanıcı gruplarına akışının ayrıntılı analizine ve tahminine olanak tanır. Liu ve arkadaşları (2024), yapay zeka ve çoklu model simülasyonlarını kullanarak Loess Hilly-Gully bölgesinde 1980'den 2020'ye kadar arazi kullanımı ve ekosistem hizmetlerinin uzun vadeli dinamiklerini araştırmıştır. Çalışma, peyzaj bağlantısını ve ekosistem hizmetlerini geliştiren kritik ekolojik düğümleri belirlemiştir. İklim değişikliği ve kötü arazi yönetimi gibi çevresel stres faktörlerinin arazi kullanımı ve ekosistem hizmetlerini nasıl önemli ölçüde etkilediği ve iklim değişikliğinin en etkili faktör olduğu vurgulanmıştır. Bulgular, özellikle artan iklim değişikliği tehditleri bağlamında, ekosistemler üzerindeki etkileri azaltmak için gelişmiş çevre yönetiminin öneminin altını çizmektedir.

Yin ve arkadaşları (2021), biyolojik bir geri çekilme yapılandırması oluşturarak Changsha-Zhuzhou-Xiangtan kentsel alanında çevresel restorasyonu yönetmek için yapay zeka destekli akıllı bir planlama çerçevesi önermiştir. Bu çerçeve, mevcut biyolojik savunma bölgelerindeki çevresel bileşenleri belirlemek, yeşil kaynak tahminini iyileştirmek ve kentsel büyümenin çevreyle ilgili süreçler üzerindeki etkisini anlamak için makine öğrenimini kullanmaktadır. Ekolojik banket bitki örtüsü taraması ve geriye yayılım, iklim değişikliklerine ve bitki örtüsü büyüme koşullarına duyarlı toprak nemine dayanmaktadır.

"Mangrov Restorasyonunu Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yoğunlaştırması ile Entegre Etmek için Öncelikli Alanları Belirlemek için Makine Öğrenimini Kullanma" projesi, Endonezya ve Filipinler'de mangrov restorasyonunun sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği yoğunlaştırması ile entegrasyonuna odaklanarak gelişmekte olan ülkelerdeki çevresel zorlukları ele almak için yapay zekadan yararlanmaktadır (Klinger ve Yoshioka 2024). Bu girişim, gıda güvenliğini artırmak, yerel geçim kaynaklarını desteklemek ve iklim değişikliğine karşı kıyı direncini artırmak için akademi, koruma kuruluşları ve teknoloji uzmanları arasındaki işbirliği çabalarını vurgulamaktadır.

Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Yoğunlaştırılması ile Mangrov Restorasyonunun Entegrasyonu için Öncelikli Alanların Belirlenmesinde Makine Öğreniminin Kullanılması

Ülke Endonezya ve Filipinler

Katılan Kuruluşlar: Bu proje, Arizona Eyalet Üniversitesi, Conservation International, Konservasi Indonesia ve Thinking Machines dahil olmak üzere akademi, koruma kuruluşları ve teknoloji endüstrisinden uzmanları bir araya getirdi. Finansman, Quadrature Climate Foundation, Schmidt Futures ve Canada Hub of Future Earth'ün desteğiyle Climate Change AI Innovation Grants programı tarafından sağlanmıştır.

Kısa Açıklama

EAGÜ'lerde uygulanan yapay zeka destekli iklim çözümünün bu örneğinde, akademisyenler, koruma uygulayıcıları ve teknoloji endüstrisi uzmanlarından oluşan çeşitli bir ekip, İklim Akıllı Karides (CSS) adlı bir programda karides üretimini iyileştirmek ve mangrovları restore etmek için karides çiftçilerine kredi dağıtmak üzere Endonezya ve Filipinler'deki öncelikli alanları belirlemek ve doğrulamak için yapay zeka ve yer gözlem verileriyle desteklenen hızlı bir değerlendirme aracı geliştirdi.

Karides yetiştiriciliği son 40 yılda 100 kat artarak 1980'de tahmini 74.000 metrik tondan 2022'de 7,5 milyon metrik tona ulaşmıştır. Bu hızlı büyüme, başta mangrovlar olmak üzere kritik kıyı ekosistemlerinin zararına olmuştur. Ormansızlaşma oranları %0,21'den (1996-2010) %0,04'e (2010-2020) düşmüş olsa da, küresel mangrovların en az %35'i yirminci yüzyılın sonlarında ormansızlaştırılmıştır ve sağladıkları ekosistem hizmetleri ve iklim faydaları kaybolmaya devam etmektedir.

Conservation International'ın CSS programı, toplulukların geçim kaynaklarını ve gıda güvenliğini desteklerken aynı zamanda kıyı direncini ve iklim değişikliğine uyumu da geliştirmektedir. Girişim, küçük ve orta ölçekli çiftçilere, çiftliklerinin bir kısmında üretimi sürdürülebilir bir şekilde yoğunlaştırmaları için kaynak sağlarken, çiftliğin geri kalanında mangrov restorasyonu yapılmasını sağlamaktadır. Bu, küçük çiftliklerin küresel karides piyasasında daha rekabetçi olmalarını sağlarken, sürdürülebilir finansman sağlıyor ve kıyı mangrovu restorasyonu için mevcut parselleri açıyor. Ancak tüm akuakültür çiftlikleri böyle bir yaklaşım için uygun değildir.

Bu proje, terk edilmiş veya düşük verimli su ürünleri yetiştiriciliği çiftliklerini belirlemek ve sınıflandırmak için makine öğrenimi ve yer gözlem verilerini kullandı. Ekip daha sonra bu bilgileri deniz seviyesinin yükselmesi, sel riski, altyapı erişimi, tarihi mangrov örtüsü ve diğer özelliklerle ilgili açık verilerle birleştirerek CSS için uygun sahaları belirledi. En uygun sahalardan oluşan bir boru hattının belirlenmesi, CI'nın çiftçiler, endüstri ve topluluklarla etkileşim kurma ve CSS'yi ölçeklendirme yeteneğini hızlandırır.

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Adaptasyon Etkileri ve Sonuçları

Saha değerlendirme aracı, CI ve proje ortaklarının geçim kaynaklarını ve gıda güvenliğini desteklemek için karides yetiştiriciliği coğrafyalarında CSS'yi daha verimli ve etkili bir şekilde uygulamalarını sağlarken, kıyı toplulukları için iklim azaltma, iklim adaptasyonu ve kıyı esnekliği faydaları sağlar.

Araç, KSS'nin uygulanmasını kolaylaştırmak için tasarlanmış olsa da, koruma uygulayıcılarına diğer doğa temelli çözüm yaklaşımlarının nereye odaklanacağı konusunda da rehberlik edebilir. Araç, orman örtüsünü artırmak amacıyla mangrovları restore etmek için uygun adayları ve aynı zamanda gıda güvenliğine katkıda bulunmak ve yerel geçim kaynaklarını desteklemek amacıyla karides yetiştiriciliğini yoğunlaştırmak için uygun alanları belirleyebilir.

Araç mevcut haliyle CI'nın CSS'nin uygulanabileceği yüz binlerce potansiyel hektarı hızlı bir şekilde değerlendirmesine ve en uygun yerleri bulmasına yardımcı olsa da, puanlama kriterlerinde yapılacak küçük güncellemeler veya değişiklikler bu aracı çok çeşitli kıyı restorasyon uygulamalarında kullanılabilir hale getirebilir.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

Aracın geliştirilmesi ve uygulanması sırasında çeşitli zorluklarla karşılaştık ve önemli bir ders çıkardık:

- EAGÜ'lerde su ürünleri yetiştiriciliği üretimine ilişkin kamuya açık veriler mevcut değildir ve bu da potansiyel YZ yaklaşımlarının kullanımını kısıtlamaktadır. Makine öğrenimi için eğitim veri setleri geliştirmek üzere önemli kaynaklar harcadık.
- Arazi maliyeti ve arazi kullanımına ilişkin mekânsal olarak açık veriler de birçok EAGÜ için mevcut değildir. CI daha fazla CSS sahası geliştirdikçe, bu iki değişkenin projenin uygulanabilirliğinin kritik belirleyicileri olduğu ortaya çıkmıştır. Arazi değeri ve mülkiyeti ile ilgili vekil veriler kullanmaya çalıştık, ancak sağlam veri setleri geliştirmek için yeterli kaynağımız yoktu.
- Yapay zeka aracı geliştiricileri, ürün geliştirmeden önce istenmeyen kullanımları göz önünde bulundurmalıdır. Arazi maliyeti ve arazi kullanım hakkı veri setlerini/katmanlarını geliştirmede başarılı olsaydık, bunlar olumsuz iklim sonuçları olan amaçlar için kullanılabilirdi (örneğin, kıyı gelişimi ve kaynak çıkarımı).

Sonuç olarak, sofistike yapay zeka modellerinin ve makine öğrenimi tekniklerinin stratejik olarak kullanılması, iklim değişikliğinin yerel ekosistemler üzerindeki etkilerinin anlaşılmasında ve azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Çeşitli iklim senaryolarını simüle ederek ve biyoçeşitlilik, bitki örtüsü ve su kaynaklarındaki değişiklikleri tahmin ederek, bu teknolojiler

etkili çevre yönetimi ve politika oluşturma için gerekli kritik içgörülerini sağlar. Çeşitli veri kaynaklarının entegrasyonu, ekosistem dinamiklerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlarken, makine öğrenimindeki ilerlemeler veri odaklı modellerin doğruluğunu ve uygulanabilirliğini artırmaktadır. Genel olarak, yapay zeka odaklı yaklaşımlar, iklim değişikliğinin etkilerini anlamak ve yönetmek için gelişmiş araçlar sağlayarak iklim direncini artırmada ve hedeflenen koruma çabalarını ve stratejilerini bilgilendirmede önemli bir potansiyel sunmaktadır.

4.2.2 İklim Senaryo Simülasyonlarına Yapay Zeka Katkıları

Yapay zeka, iklim senaryolarının simülasyonunda önemli gelişmeler sağlayarak adaptasyon stratejilerini değerlendirmek için sağlam araçlar sunar ve karar vericilere eyleme geçirilebilir içgörüler sağlar. Gelişmiş makine öğrenimi algoritmalarından ve veri analitiğinden yararlanan YZ, büyük miktarda iklim verisini işleyerek, karmaşık modelleri tanımlayarak ve çeşitli senaryolar altında gelecekteki iklim koşullarını tahmin ederek iklim modellerinin doğruluğunu ve verimliliğini artırır. Bu yetenekler, araştırmacıların farklı çevre politikalarının ve uygulamalarının potansiyel etkilerini keşfetmelerini sağlayarak etkili ve duyarlı iklim eylem planlarının geliştirilmesine yardımcı olur. Ayrıca, yapay zeka odaklı simülasyonlar bölgesel iklim değişikliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak uyum önlemlerinin yerel bağlamlara uyarlanmasına ve iklimle ilgili risklere karşı direncin artırılmasına yardımcı olur.

4.2.2.1. Potansiyel Adaptasyon Stratejilerinin Yapay Zeka Yardımıyla Değerlendirilmesi

Yapay zeka modelleri, iklim etkilerinin azaltılmasındaki etkinliklerini değerlendirmek için çeşitli uyum stratejilerini simüle etmektedir. Bu modeller su yönetimi, tarım, afet müdahalesi, altyapı esnekliği, kıyı yönetimi ve halk sağlığı gibi bir dizi alanı kapsamaktadır. Örneğin, takviyeli öğrenme arazi kullanımı ve su yönetimi uygulamalarını optimize etmek için kullanılabilir ve toplulukların değişen iklim koşullarına uyum sağlamasına yardımcı olabilir. Leal Filho ve diğerleri (2022), yapay zekanın iklim değişikliği araştırmalarındaki rolünü incelemiş, özellikle iklim değişikliğine uyum konusundaki faydasına odaklanmıştır. Çalışma, su yönetimi konularının, toprakla ilgili konular ve tarıma kıyasla, incelenen çalışmaların %38'ini temsil ederek en fazla ilgiyi gördüğünü vurgulamıştır. Bu kanıtlar, yapay zekanın iklim değişikliğinin karmaşık zorluklarını anlamaya ve yönetmeye yönelik küresel çabalara önemli ölçüde yardımcı olabileceğini ve böylece uyum stratejilerini etkili bir şekilde destekleyebileceğini göstermektedir. Bu çalışma, diğerlerinin yanı sıra, su sektöründe YZ tekniklerinin nispeten az gelişmiş uygulamasını vurgulayan ve dört temel uygulama alanı belirleyen Doorn (2021) tarafından belirlenen boşluğa yanıt vermektedir: modelleme, tahmin ve öngörü, karar desteği ve operasyonel yönetim ve optimizasyon. Bu çalışmalar birlikte, YZ'nin su yönetimini geliştirme ve daha geniş iklim adaptasyon ihtiyaçlarını ele alma potansiyelini vurgulamaktadır.

Brescia Üniversitesi ve Thuyloi Üniversitesi tarafından yürütülen ve Climate Change AI tarafından desteklenen girişim, Vietnam'ın Kızıl Nehir Deltası'nda (Serina ve Ranzi 2023) su yönetimini geliştirmek için yapay zeka teknolojilerinin uygulanmasını araştırıyor ve iklim değişikliğinin zorlukları arasında kaynak tahsisini optimize etmeye odaklanıyor.

Kızıl Nehir Deltası Ülkesinde Su Yönetimi için Yapay Zeka: Vietnam

Katılan Kuruluşlar: Brescia Üniversitesi (İtalya) ve Thuyloi Üniversitesi (Vietnam), Climate Change AI tarafından desteklenmektedir (<https://www.climatechange.ai/>)

Kısa Açıklama

Bu proje, Vietnam'daki Kızıl Nehir Deltası bölgesinin su yönetimi için YZ tekniklerinin kullanımına odaklanmaktadır (Şekil 2). Bu bölgede, karmaşık nehir ağı, bazen birbiriyle çelişen hedefleri ele almak için tasarlanmış bir baraj sisteminin varlığı ile karakterize edilir: (i) yerel ekonomiyi ve sosyal faaliyetleri teşvik etmek için hidroelektrik üretmek, (ii) yağmur mevsimi boyunca aşağı akışta meydana gelen sel olaylarını düzenlemek, (iii) düşük akış mevsiminde tarım için su sağlamak ve (iv) nehirlerin haliçlerinde Deniz Suyu Girişine (SWI) karşı koymak. Kısıtlamalar, maksimum veya minimum su seviyesini aşmamak suretiyle barajın güvenliğini sağlama ihtiyacıdır.



Şekil 2. Vietnam'daki Kızıl Nehir Deltası bölgesi

Uyarlanabilir su yönetim sistemleri geliştirmek amacıyla bu çalışma, mevcut ve öngörülen iklim koşullarına yönelik politikaları belirlemek için yapay zeka tekniklerini kullanmanın fizibilitesini incelemektedir. Özellikle projemiz, Kızıl Nehir Deltası'ndaki SWI'ye zıt olarak düşük akış mevsiminde tarım ve enerji üretimi için su tedarikini optimize etmeye odaklanmaktadır. Da Nehri üzerindeki ilk hidroelektrik rezervuar olan Hoa Binh rezervuarının su kaynakları yönetimi için otomatik olarak kontrol politikaları oluşturmak üzere Genetik Algoritmalar (GA'lar) ve YZ planlama algoritmaları gibi optimizasyon yöntemlerini kullanmayı ve farklı kriterleri ve kısıtlamaları dikkate almayı amaçlıyoruz.

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Adaptasyon Etkileri

Proje, iklim değişikliği, kentleşme ve nüfus artışını ele almak için hem azaltım hem de adaptasyona odaklanarak su yönetim sistemlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Verimli su yönetimi, su stresini azaltacak ve iklim değişikliği kısıtlı şiddetlendirdiği için çok önemli olan tarım, sanayi ve evsel kullanım için güvenilir bir tedarik sağlayacaktır. Ayrıca, su salınımlarını ve depolamayı kontrol ederek, nehir deltalarında ve haliçlerde dengeyi koruyarak deniz seviyesindeki yükselmenin etkilerini ve tatlı su kaynaklarına tuzlu su girişini azaltacaktır. Ayrıca proje, hidroelektrik için su kullanımını optimize ederek, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak ve karbon emisyonlarını düşürerek yenilenebilir enerji üretimini artırmaktadır. Çeşitli kullanımlar için istikrarlı bir su kaynağı sağlayarak, sosyal kalkınmayı teşvik ederek ve iklim kaynaklı ekonomik aksaklıklara karşı kırılganlığı azaltarak yerel ekonomileri desteklemektedir.

Karşılaşılan Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

Veri analizi süreci, kayıt zaman aralıklarındaki farklılıklar ve belirli günlerde eksik verilerin varlığı gibi toplanan verilerdeki homojen olmayan özellikler nedeniyle zordur. Sonuç olarak, önceden

kullanımına kadar, herhangi bir tutarsızlık veya düzensizliği gidermek için bir veri tarama ve düzeltme prosedürü uygulamamız gerekir. Ayrıca, yaklaşık 30 sulama alanından oluşan Kızıl Nehir Deltası'ndaki sulama sisteminin karmaşıklığı, su gereksinimlerinin kesin olarak belirlenmesini gerektirmektedir. Bu da doğruluk ve güvenilirliği sağlamak için özel bir araştırma çabası gerektirmektedir ki bu da araştırmamızın kapsamı dışındadır. Bu bağlamda, Vietnam hükümeti tarafından 2023 yılında yayınlanan 50 sayılı Karar'da belirtilen talebi kullanmaya karar verdik. Bu stratejik seçim, yetkili makamların talimatlarıyla uyumu kolaylaştırmakta ve sonraki analizler için sağlam bir temel sağlamaktadır. Kızıl Nehir Deltası'nın mevcut modelleri, sistemin fiziksel evriminin kesin tanımlarından ziyade dinamiklerinin veriye dayalı yaklaşımlarıdır, bu da bizi kaliteli verilere daha fazla bağımlı hale getirmektedir.

Leal Filho ve diğerleri (2021), Karayipler ve Pasifik bölgelerindeki beş SIDS'ten (Barbados, Trinidad ve Tobago, Cook Adaları, Fiji, Solomon Adaları ve Tonga) vaka çalışmaları kullanarak bu ülkelerin karşılaştığı temel uyum sınırlarını belirlemek için kapsamlı bir çalışma yürütmüştür. Uyum sağlayabilen SIDS'lerin çeşitli değerlere ilişkin farkındalık, farklı etki ve kırılganlıkların anlaşılması ve değişim yoluyla belirli kayıpların kabullenilmesi ile karakterize edildiğini ortaya koydular. Bu ülkelerin neden iklim değişikliğinden kaynaklanan önemli etkilerle karşı karşıya kalmaya devam ettiklerini gerekçelendirmişler ve bu tehditlerle başa çıkmada SIDS'i destekleyebilecek politikalar önermişlerdir. Teknolojik ve ekolojik sınırlar (sert sınırlar) doğal sistemleri kısıtlarken, karmaşık toplumsal faktörlerin (yumuşak sınırlar) de adaptasyonu engellediği sonucuna varmışlardır. Ancak, bu yumuşak sınırlar daha uygun uyum stratejileri ile ele alınabilir.

YZ, bu sert ve yumuşak sınırları anlayarak, yenilikçi çözümler ve stratejiler sunarak bu zorlukların bazılarının üstesinden gelinmesine katkıda bulunabilir. YZ, veri toplama ve analizini geliştirebilir, politika ve uyum stratejilerini bilgilendirebilecek daha doğru tahminler ve eyleme geçirilebilir içgörüler sağlayabilir. Örneğin, yapay zeka destekli modeller çevresel değişiklikleri gerçek zamanlı olarak izlemeye, kaynak tahsisini optimize etmeye ve çeşitli uyum senaryolarını simüle etmeye yardımcı olabilir, böylece SIDS'in benzersiz hassasiyetlerini ele almak için daha duyarlı stratejileri destekleyebilir.

Van der Woude ve diğerleri (2024), özellikle Latin Amerika ve Karayipler'deki orman arazisi göstergelerine odaklanarak, SKH'lerle uyumlu bir şekilde 2030 yılına kadar biyokapasite ve ekolojik ayak izini tahmin etmek için yenilikçi bir YSA uygulaması sunmuştur. Çalışma, bu göstergeleri tahmin ederek, çevresel sürdürülebilirliği artıran ve bölgedeki iklim değişikliğine uyum çabalarını destekleyen stratejik planlama ve karar alma süreçlerine yardımcı olmayı amaçlamıştır. Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim azaltma çabalarını güçlendirmek isteyen diğer gelişmekte olan bölgeler için de önemli bir plan niteliğindedir.

Tokunaga ve diğerleri (2021) tarafından yayınlanan rapor, çevresel planlama için ileri teknolojilerin kullanılmasına yönelik bu çerçeveyi temel alarak, SIDS ve LDC'lerin okyanus kaynaklı risklere karşı kırılganlığını analiz etmiştir. Bu kıyı toplulukları, geçim kaynaklarını ve gıda güvenliklerini destekleyen balıkçılık ve turizm gibi kritik sektörler için denize olan yoğun bağımlılıkları nedeniyle oldukça hassas durumdadır. SIDS ve LDC'lerin çeşitli biyofiziksel ve antropojenik stres faktörlerine maruziyeti ve hassasiyeti gelişmekte, uyum sağlama ve etkili bir şekilde yanıt verme yeteneklerini etkilemektedir. Çalışma, bu bölgelerdeki geçim kaynaklarının ve gıda güvenliğinin kırılganlığını ve ithalata olan bağımlılıklarının daha da kötüleştiğini vurgulamıştır. Rapor, hakemli ve gri literatürün, ampirik verilerin ve vaka çalışmalarının bir sentezi yoluyla, önemli stres faktörlerini tanımlamakta, kırılganlıkları şekillendiren temel sosyal-ekolojik özellikleri belirlemekte ve SIDS ve LDC'lerde okyanus risklerini azaltmak ve dayanıklılık oluşturmak için stratejiler önermektedir.

YZ'nin entegrasyonu, Tokunaga ve diğerleri (2021) tarafından hazırlanan raporda belirtilen zorlukların ele alınmasında önemli bir rol oynayabilir. YZ, okyanus kaynaklı risklerin etkilerini tahmin etmek için öngörücü modellemeyi geliştirebilir,

siklon ve tsunami gibi doğal afetler için erken uyarı sistemlerine olanak sağlar. Makine öğrenimi algoritmaları, okyanus koşullarındaki kalıpları ve eğilimleri belirlemek için büyük miktarda veriyi analiz edebilir, balıkçılık yönetimini optimize etmeye ve deniz ekosistemlerini korumaya yardımcı olabilir. YZ ayrıca, politika yapıcılara SIDS ve LDC'lerin sosyo-ekonomik ve çevresel kırılganlıkları hakkında veriye dayalı içgörüler sağlayarak karar vermeyi destekleyebilir ve böylece dayanıklılık oluşturmak için hedeflenen stratejilerin geliştirilmesini kolaylaştırabilir. Genel olarak, yapay zekanın uygulanması, bu bölgelerin okyanusla ilgili risklere uyum sağlama ve bu riskleri azaltma kapasitesini artırma ve böylece geçim kaynaklarını ve gıda güvenliğini koruma potansiyeline sahiptir.

Ayrıca, yüksek çözünürlüklü uydu ve hava görüntülerinin yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte, mahsul koşullarını ve tarımsal verimi büyük ölçekte izlemek ve krizleri önlemek için erken uyarı sistemleri geliştirmek artık mümkün hale gelmiştir (Kaack ve ark. 2020). Yapay zeka bu süreci otomatikleştirerek analiz edilebilecek görüntü sayısını önemli ölçüde artırmakta ve insanlar tarafından gözden kaçırılacak ince ipuçlarını tespit etmektedir. Anshuman ve Mallick (2023), YZ'nin özellikle hızla artan nüfus için sürdürülebilir gıda üretiminde zorluklarla karşılaşan gelişmekte olan ülkelerde tarımda nasıl devrim yarattığını araştırmıştır. YZ çözümleri, dronlar, sensörler ve YZ güdümlü mahsul gözetimi gibi veri odaklı içgörüler ve teknolojiler sağlayarak geleneksel tarımsal yayım sistemlerini desteklemektedir. Bu teknolojiler kaynak kullanımını optimize eder, mahsul verimini artırır ve zamanında hasare ve hastalık yönetimi sağlar. Faydalarına rağmen karşılaşılan zorluklar arasında yüksek maliyetler, dijital okuryazarlık ihtiyaçları ve yayım hizmetlerinde insan etkileşimini sürdürmenin önemi yer almaktadır.

YZ'nin iklim değişikliğine uyumdaki rolüne daha fazla değinen Nath ve diğerleri (2024), sürdürülebilirlik ve küresel gıda güvenliği üzerindeki etkilerini vurgulayarak tarım ve gıda işleme endüstrilerinde YZ'nin yenilikçi potansiyeline odaklanmıştır. Mahsul verimi optimizasyonu, herbisit kullanımı, yabancı ot tanımlama ve meyve hasadı dahil olmak üzere çeşitli tarım süreçlerini geliştirmek için bu sektörlerde makine öğrenimi, DL ve sinir ağları gibi YZ teknolojilerinin artan entegrasyonunu vurgulamışlardır. Gıda işlemede YZ, modelleme, tahmin, kontrol araçları, duysal değerlendirme, kalite kontrol ve karmaşık zorlukların üstesinden gelmenin iyileştirilmesi için merkezi bir öneme sahiptir. Çalışma, yapay zekanın tarımsal gıda sistemlerinin verimliliğini, sürdürülebilirliğini ve üretkenliğini önemli ölçüde artırdığı sonucuna varmış ve tarımsal gıda tedarik zinciri boyunca uygulamasının genişletilmesi, böylece küresel gıda güvenliğine katkıda bulunulması ve temel tarımsal zorlukların ele alınması gerektiğinin altını çizmiştir. Bu araştırma doğrultusunda, Kakani ve diğerleri (2020) ML, DL ve CV'nin çeşitli senaryolarını ve uygulamalarını küresel sürdürülebilirlik perspektifinden incelemiştir. AgTech endüstrisinde CV ve AI için artan talebin altını çizerek, bu teknolojilerin gelecekteki ihtiyaçları karşılamak için sürdürülebilir gıda üretiminin önünü açabileceğini öne sürmüşlerdir.

Devasa iklim verilerinin işlenmesine yönelik yapay zeka alanındaki ilerlemeler, gelecekteki iklim değişikliği senaryolarının daha kapsamlı bir şekilde belirlenmesine ve gelişmiş öngörücü bildirim sistemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Yapay zeka güdümlü araçlar, büyük miktarda çevresel veriyi işleyerek insanların fark etmesi zor olan kalıpları ve eğilimleri belirleyebilir. Bu gelişmiş analitik kapasite, daha doğru iklim modellerine, aşırı hava olaylarının daha iyi tahmin edilmesine ve daha etkili kaynak yönetimi stratejilerine yol açabilir. Çok sayıda çalışma, adaptasyon stratejilerinin değerlendirilmesinde ve iyileştirilmesinde yapay zekanın potansiyelini ortaya koymuş ve böylece değişen iklime yanıt verme yeteneğimizi önemli ölçüde geliştirmiştir.

Bu bağlamda, Ullah ve arkadaşları (2018), iklim değişikliği senaryoları altında darı verimini tahmin etmek için günlük ortalama sıcaklığa (Tmean) kıyasla günlük sıcaklık aralığının (DTR) etkinliğini değerlendirmiştir. Tarihsel bir veri kümesi (1980-2010) ve Model for Interdisciplinary Research on Climate version 5 (MIROC5) ve Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) iklim modellerinden projeksiyonlar kullanan çalışma, Pakistan'ın Pencap eyaletindeki iki ortama odaklanmıştır: kurak (Layyah) ve yarı kurak (Faisalabad). Bulgular, öngörülen DTR'nin her iki ortamda da taban çizgisine göre arttığını ve Tmax ile Tmin'in yüksek oranda ilişkili olduğunu göstermiştir.

(0.90-0.99). MIROC5 Tmax ve Tmin değerlerini doğru tahmin ederken, GFDL yağışları etkili bir şekilde tahmin etmiştir. Genetik Algoritma (GA) kullanan çalışma, gelecekteki ısınma nedeniyle inci darı verimi üzerindeki olumsuz etkileri (%11-12) öngörmüştür. Çalışma, bulguları doğrulamak için bu yöntemin benzer iklim rejimlerine sahip diğer bölgelerde de kullanılmasını önermektedir.

Birçok kurak bölge, su kıtlığı ve zorlu yaşam koşullarının kalkınma sorunlarını daha da kötüleştirebileceği az gelişmiş ülkelerde bulunurken, kurak bölgelerin hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde var olabileceğini belirtmek önemlidir. Adhikari ve diğerleri (2021), kurak ve tropikal bölgelerdeki sel ve kuraklıkların tahmininde üç önemli yapay zeka tabanlı yaklaşımın (NSA'lar, LSTM ve Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi (WANFIS) ile birleştirilmiş Dalgacık ayrıştırma fonksiyonları) etkinliğini değerlendirmiş ve karşılaştırmıştır. Çalışma, nehirlerdeki akış değişikliği ile akarsu taşkınlarını ve Standart Yağış Endeksi (SPI) kullanılarak meteorolojik kuraklıkları ölçmektedir. Bulgular, CNN modelinin taşkın tahmininde üstün olduğunu, WANFIS modelinin ise iklim bölgesinden bağımsız olarak meteorolojik kuraklık tahmininde üstün performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, CNN modeli çoklu girdi özelliklerine sahip uygulamalarda gelişmiş doğruluk göstermektedir.

Tablo 1, YZ tarafından kolaylaştırılan çeşitli adaptasyon stratejilerine genel bir bakış sunmaktadır. YZ odaklı iklim adaptasyon stratejileri ile ilgili çeşitli çalışmaların temalarını, YZ uygulamalarını, özel amaçlarını, bulgularını ve katkılarını detaylandırmaktadır. İklim eyleminde YZ'nin potansiyelini vurgulayan çok çeşitli uygulamalar ve senaryolar içermektedir. Değerlendirilen stratejiler, YZ güdümlü tarımsal uygulamalardan gelişmiş afet müdahale sistemlerine kadar uzanmaktadır.

Tema	Yapay Zeka Uygulamaları	Hedefler	Önemli Katkıları	Alıntılar
Yeraltı suyu tablosu tahmini	LSTM Ağları, RNN	Bir kıyı kentindeki fırtına olaylarına yeraltı suyu tablasının tepkisini modellemek ve tahmin etmek.	LSTM ağları, tahmin doğruluğunda RNN'lerden daha iyi performans göstermiştir; yeraltı suyu tablası seviyelerinin gerçek zamanlı tahmini için etkilidir.	Bowes ve diğerleri (2019)
Tarımsal su havzasında en iyi yönetim uygulamaları (BMP) performansı	Deterministik Modeller (SWAT), Karar Destek Modelleri (NSGA-II)	Farklı iklim değişikliği senaryoları altında BMP'lerin toplam fosfor yükleri üzerindeki değişikliklerini değerlendirmek.	SWAT ve NSGA-II Gelecekteki iklim senaryoları için BMP'lerin iyileştirilmesine yardımcı oldu; uyarlanabilir BMP'lere olan ihtiyacı vurguladı.	Jeon ve diğerleri (2018)
İklim değişikliğinin mahsul verimi üzerindeki etkisi	İstatistiksel Ölçek Düşürme, GA	Genetik algoritmalar kullanarak iklim değişikliğinin inci darı verimi üzerindeki etkilerini tahmin etmek.	Sinir ağları kullanılarak kentsel ortamlarda enerji tasarruflu yenilemeler için potansiyel gösterildi.	Skiba ve diğerleri (2017)
Sel analitiği	AIoT, CNN	Sel durumsal farkındalığı ve risk değerlendirmesinde AIoT kullanarak sel analitiğini geliştirmek.	AIoT prototipi sel uyarısını ve durumsal farkındalığı geliştirdi; kasırga kaynaklı seller sırasında başarıyla test edildi.	Samadi (2022)

Kuraklık tahmini	ANN, ANFIS, SVM	YSA, ANFIS ve DVM'yi karşılaştırmak için kuraklık tahmininde modeller.	DVM modeli, YSA ve ANFIS'e kıyasla kuraklık tahmininde en yüksek doğruluğu sağlamıştır.	Mokhtarzad ve diğerleri (2017)
Mahsul verim tahmini	DNN, Semiparametrik	ML yöntemlerini kullanarak farklı iklim değişikliği senaryoları altında ürün verimini modellemek ve tahmin etmek.	ML yaklaşımı, özellikle en sıcak senaryolarda mısır verimi üzerinde geleneksel yöntemlere göre daha az ciddi olumsuz etkiler göstermiştir.	Crane- Droesch(2018)
Kentleşme ve iklim etkisi	Dinamik Simülasyon, Hava Durumu Araştırma ve Tahmin Modeli (WRF)	Farklı iklim değişikliği senaryoları altında gelecekteki kentleşmenin yerel iklim üzerindeki etkisini araştırmak.	WRF simülasyonları, 2030 yılına kadar kentleşme ve iklim değişikliği nedeniyle önemli ısınma ve halk sağlığı risklerine işaret etmiştir.	Yeung ve diğerleri (2020)

Tablo 1: Yapay Zeka modelleri kullanılarak adaptasyon stratejileri üzerine yapılan çalışmalar

Tablo 1, karar vericilerin en uygun yapay zeka destekli uyum stratejilerini karşılaştırmaları için değerli bir araç olarak hizmet etmekte ve LDC ve SIDS'de iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında bilinçli ve stratejik planlama yapılmasını sağlamaktadır.

Yapay zeka, iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek için potansiyel uyum stratejilerinin değerlendirilmesinde güçlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır. YZ modelleri, çeşitli senaryoları simüle ederek, farklı alanlarda uyum önlemlerinin etkinliği hakkında kapsamlı bilgiler sunmaktadır. Bu modeller, sonuçları tahmin etmeye, kaynak tahsisini optimize etmeye ve iklim değişkenliği ve aşırı hava olaylarıyla başa çıkmak için en etkili stratejileri belirlemeye yardımcı olur. Makine öğrenimi ve DL teknikleri sayesinde topluluklar değişen çevresel koşullara daha iyi uyum sağlayabilir, daha sağlam ve sürdürülebilir tepkiler verebilir. Yapay zekanın iklim adaptasyon stratejilerine entegrasyonu, hem tahmin doğruluğunu artırır hem de iklim direncini oluşturmak için gerekli olan proaktif ve bilinçli karar verme süreçlerinin geliştirilmesini destekler.

4.2.2.2. Karar Vericilere Simülasyonlar ve Sensör Verilerinin Analizi Yoluyla Eyleme Geçirilebilir İçgörüler Sağlanması

YZ, gerçek zamanlı analiz ve simülasyonlar sağlamak için sensörlerden gelen verileri işleyerek karar vericilerin potansiyel gelecek senaryolarını anlamalarına ve buna göre plan yapmalarına yardımcı olur. Sonuç olarak YZ, sensörlerden gelen verilerin entegrasyonu ve analizi yoluyla karar vericilerin bilinçli iklim değişikliği stratejileri formüle etme yeteneklerini artırmaktadır. YZ, meteoroloji istasyonları, uydular ve çevresel (IoT) sensörlerden gelen büyük miktarda gerçek zamanlı veriyi işleyerek hassas iklim modelleri ve risk değerlendirmeleri sunar.

Bonan ve Doney (2018), hem karasal hem de denizel biyosferleri içeren ESM'deki son gelişmeleri incelemiştir. Bu modeller, Dünya Sisteminin (ES) fiziksel ve biyolojik bileşenleri arasındaki etkileşimleri etkili bir şekilde yakalayarak, mahsul verimi, orman yangını riskleri ve su mevcudiyeti gibi kritik toplumsal konular üzerindeki iklim etkileri hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Ancak, bu ilerlemelere rağmen, model belirsizliklerini ele almak ve gözlemlerin soyut model temsillerine dönüştürülmesini iyileştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Dahası, bu ilave araştırma, simülasyonlardan ve sensör veri analizinden elde edilen eyleme geçirilebilir içgörüler yoluyla karar verme sürecini geliştirmek için önemlidir.

Bowes ve diğerleri (2019) tarafından yapılan çalışmada, Norfolk, Virginia'daki fırtına olaylarına yeraltı suyu tablasının tepkilerini tahmin etmek için LSTM ağları ve RNN'ler kullanılmıştır. Yapay zeka modelleri, kıyı taşkın risklerini yönetmek için gerekli olan doğru, gerçek zamanlı tahminler sağlamıştır. Benzer şekilde, Jeon ve diğerleri (2018) deterministik ve karar destek

modelleri kullanarak çeşitli iklim senaryoları altında En İyi Yönetim Uygulamalarının (BMP'ler) performansını değerlendirmiş ve BMP'leri gelecekteki koşullar için iyileştirmiştir. Kentsel ortamlarda, Skiba ve diğerleri (2017) kentsel politika ve enerji verimliliği arasındaki ekonomik bağımlılığı modellemek için yapay sinir ağlarını kullanmış ve enerji verimli kentsel gelişim için içgörüler sunmuştur.

Bu çalışmalar, simülasyonlardan ve sensör veri analizinden elde edilen eyleme geçirilebilir içgörüler aracılığıyla karar alma sürecini geliştirme önemi toplu olarak vurgulanmaktadır. Modelleri iyileştirerek ve gelişmiş veri analitiğinden yararlanarak, iklim değişikliğinin etkilerini daha iyi tahmin edebilir ve azaltabilir, kaynak yönetimini optimize edebilir ve çeşitli sektörlerde uyarlanabilir stratejiler geliştirebiliriz. Bu yaklaşım, daha bilinçli ve etkili karar alma süreçleri sağlar.

Bu teknik rapor boyunca, simülasyonların ve sensör verilerinin analizinin, karar vericilere iklim değişikliğinin azaltılması ve uyum bağlamında eyleme geçirilebilir içgörüler sağlamadaki rolünü vurgulayan çok sayıda örnek verilmiştir. Bu gelişmiş metodolojilerin entegrasyonu, karar vericileri çevresel ve toplumsal zorluklara proaktif ve bilinçli yanıtlar geliştirmek için gereken araçlarla donatarak gelecekteki belirsizlikler karşısında sürdürülebilir kalkınma ve dayanıklılık sağlar.

Ayrıca, yapay zeka ve IoT'nin yakınsaması, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği alanlarında kapsamlı, gerçek zamanlı veri analizine dayalı akıllı karar verme sürecini mümkün kılarak bu yetenekleri daha da güçlendirmektedir (Bibri 2024; Dheeraj vd. 2020). Örneğin, AIoT sistemleri sel durumsal farkındalığını ve risk değerlendirmesini iyileştirmek için kitle zekası, makine öğrenimi ve NLP'yi entegre etmektedir. Bu sistemler, gerçek zamanlı verilere dayanarak risk altındaki konumları dinamik olarak güncelleyebilir ve önceliklendirebilir ve karar vericilere eyleme geçirilebilir içgörüler sağlayabilir. Karar vericiler, AIoT sayesinde gelişmiş durumsal farkındalık, tahmine dayalı analitik ve daha etkili kaynak yönetiminden faydalanabilirler (Samadi 2022). YZ'nin çeşitli veri kaynaklarıyla entegrasyonu, değişen iklim koşullarıyla birlikte gelişen, iklim tahminlerindeki belirsizliği ve önyargıyı azaltan uyarlanabilir YZ sistemlerinin oluşturulmasına olanak tanır (Kadow ve ark. 2020).

Yapay zeka ve IoT'nin entegrasyonu, iklim değişikliğine uyum ve azaltım için akıllı karar vermenin geliştirilmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. AIoT sistemleri, çeşitli sensörlerden ve cihazlardan gerçek zamanlı olarak büyük miktarda veri toplayıp analiz ederek karar vericiler için doğru ve zamanında içgörüler sağlayabilir (bkz. Alt Bölüm 3.1.2). Bu entegrasyon, iklimle ilgili etkilerin daha etkili bir şekilde izlenmesini, tahmin edilmesini ve yönetilmesini sağlayarak uyarlanabilir ve hafifletici stratejilerin hem verimli hem de değişen koşullara duyarlı olmasını sağlar. AIoT, sağlam altyapının oluşturulmasına, kaynak kullanımının optimize edilmesine ve sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesine katkıda bulunarak iklim değişikliğiyle mücadele ve toplumların dayanıklılığını ve sürdürülebilirliğini güçlendirme çabalarını ilerletir.

4.2.2.2. İklim Modellemesinde Enerji Tüketiminin Azaltılmasında Yapay Zekanın Rolü

Yapay zeka teknikleri, iklim modellerinin hesaplama verimliliğini optimize ederek enerji tüketimini azaltır. Veri işleme ve model eğitimini kolaylaştıran gelişmiş algoritmalar, kapsamlı iklim simülasyonlarının karbon ayak izini önemli ölçüde azaltabilir. Seyrek modelleme, topluluk modelleme ve verimli sinir ağı mimarileri gibi teknikler, bu enerji tasarruflarının elde edilmesinde kritik öneme sahiptir.

Örneğin, seyrek modelleme teknikleri en ilgili değişkenleri ve veri noktalarını belirlemeye ve kullanmaya odaklanır, böylece modelleri basitleştirir. Bu da hesaplama karmaşıklığının azalmasına, daha hızlı simülasyonlara ve verimli veri işlemeye yol açar. Yalnızca temel değişkenlere odaklanan seyrek modeller daha az hesaplama gücü gerektirir ve böylece enerji tasarrufu sağlar. Basitleştirilmiş modeller daha hızlı çalışarak simülasyonlar için gereken süreyi ve enerjiyi azaltır. Buna ek olarak, seyrek modeller veri işlemeyi kolaylaştırarak veri depolama ve analiz için gereken enerjiyi en aza indirir. İklimin karmaşıklığı ve popülasyonlar üzerindeki çeşitli etkileri göz önüne alındığında, Grames ve Forister (2024) 80 iklim ölçütü arasından seçim yapmak için Bayesian seyrek modelleme yaklaşımını kullanmıştır. Bu yöntemi kuş, böcek ve bitki popülasyonlarını kapsayan 19 veri setine uygulamışlardır. Fenolojik veri kümeleri için, ortalama ilkbahar sıcaklığı genellikle önemli bir iklim faktörü olarak ortaya çıkmıştır. Bu iklim değişkeni seçme yaklaşımı, özellikle sınırlı fizyolojik veya mekanistik bilgi olduğunda, ilgili iklim ölçütlerini belirlemek için değerlidir ve iklime popülasyon tepkileri üzerine yapılan farklı çalışmalarda geniş çapta uygulanabilir. Genel olarak, seyrek modelleme iklim simülasyonlarını daha verimli hale getirerek önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlar.

Topluluk modellemesi, bir dizi olası sonuç üretmek için birden fazla iklim modelinin veya bir modelin varyasyonlarının çalıştırılmasını içerir. Genel performansı artırmak için birden fazla temel modelden gelen tahminleri birleştirir. Bu yaklaşım, belirsizliklerin yakalanmasına yardımcı olur ve sonuçların ortalamasını alarak daha sağlam bir tahmin sağlar. Enerji tüketimi bağlamında, topluluk modelleme, hesaplama kaynaklarını optimize ederek ve model tahmin doğruluğunu artırarak enerji kullanımını azaltabilir. Žust ve diğerleri (2021) Adriyatik Denizi'ndeki deniz seviyelerini tahmin etmek için hem doğruluk hem de hesaplama verimliliği açısından geleneksel okyanus sirkülasyon modellerini geride bırakan bir topluluk DL yöntemi sunmuştur. Araştırmacılar, çeşitli modeller kullanarak en doğru ve verimli olanları belirleyip önceliklendirebilir ve daha az etkili modellerin kapsamlı bir şekilde çalıştırılması ihtiyacını azaltabilir. Daha doğru tahminler, tekrarlanan simülasyonlara olan ihtiyacı azaltarak hesaplama enerjisinden tasarruf sağlar.

YZ araştırmalarında verimliliğin artırılması, karbon ayak izini azaltacak ve DL çalışmalarının en büyük finansal kaynaklara sahip olanlarla sınırlı kalmamasını sağlayarak daha erişilebilir hale getirecektir (Schwartz ve ark. 2020). YZ topluluğu son zamanlarda ML/DL programlarının çevresel etkilerini ele almaya başlamıştır. Araştırmalar, DL, NLP ve GenAI modellerinin eğitimiyle ilişkili enerji tüketimini ve karbon ayak izini vurgulamaktadır. Yeşil YZ veya Bilgi İşlem kavramı, daha çevre dostu YZ uygulamalarını teşvik etmek için önerilmiştir (Raman et al. 2024; Schwartz et al. 2020). Yeşil YZ, "hesaplama maliyetini hesaba katarken yeni sonuçlar veren ve harcanan kaynakların azaltılmasını teşvik eden YZ araştırmalarını" ifade eder (Schwartz ve ark. 2020). Araştırmacılar, enerji tüketimini azaltmak ve YZ sistemlerinin karbon ayak izini en aza indirmek için algoritmaları, donanımı ve veri merkezi operasyonlarını optimize etmeye odaklanmaktadır (Wheeldon ve ark. 2020).

Yokoyama ve arkadaşları (2023), YZ donanımında enerji tüketimini optimize etmek için yenilikçi teknikler üzerine öncü bir araştırma yürütmüş ve çevresel etkiyi azaltmak için sürdürülebilir bilgi işlem çözümlerinin potansiyelini vurgulamıştır. Raman ve arkadaşları (2024) tarafından yapılan son kapsamlı çalışma, bu alanı keşfetmek için tematik analiz ve BERTopic modelleme kullanarak Yeşil YZ'ye odaklanmıştır. Çalışma, Yeşil YZ'de, özellikle enerji optimizasyonu ve sürdürülebilir hesaplama uygulamaları alanlarında önemli ilerlemeler tespit etmiştir. Çalışmada üç ana tematik küme vurgulanmıştır: sürdürülebilir kalkınma için sorumlu YZ, enerji optimizasyonu için Yeşil YZ'deki ilerlemeler ve büyük veri odaklı hesaplama ilerlemeleri. Bunlar arasında çalışma, sürdürülebilir nöral hesaplama ve bilişsel YZ inovasyonunun önemini vurgulayarak, YZ teknolojilerinin enerji verimliliği ve azaltılmış çevresel etki için nasıl optimize edilebileceğini gösterdi. Bu bulgular, Yeşil YZ'nin YZ araştırma topluluğu içinde çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmedeki kritik rolünün altını çizmekte ve sürdürülebilirliği iklim modellemesi de dahil olmak üzere YZ araştırma ve geliştirmesine entegre etmeyi amaçlayan gelecekteki araştırma ve politika oluşturma için değerli bilgiler sağlamaktadır.

Ayrıca, yapay zeka topluluğu makine öğrenimi modellerinin enerji tüketimini değerlendirmek için çeşitli araçlar geliştirmiştir. Örneğin, Anthony ve diğerleri (2020) NLP modellerinin eğitimiyle ilişkili enerji tüketimini ve karbon ayak izini vurgulamıştır. Henderson ve diğerleri (2020), makine öğrenimi uygulamalarının enerji ve karbon ayak izlerinin sistematik olarak raporlanması ihtiyacının altını çizmiştir. Yazarlar, gerçek zamanlı enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını izlemek için basit bir arayüz sağlayarak ve standartlaştırılmış çevrimiçi ekler oluşturarak bu raporlamayı kolaylaştıran bir çerçeve sunmuşlardır. Bu çerçeve, bu alanda sorumlu araştırmacıları teşvik etmeyi ve makine öğreniminin diğer alanları için bir model oluşturmayı amaçlayan enerji verimli takviyeli öğrenme algoritmaları için bir liderlik tablosu oluşturmak için kullanılmaktadır. Yazarlar, bu çerçeveyi kullanan vaka çalışmalarına dayanarak, karbon emisyonlarını azaltmak ve enerji tüketimini azaltmak için stratejiler önermektedir. Lacoste ve diğerleri (2019) makine öğreniminin karbon emisyonlarını ölçmek için yöntemler önerirken, Lannelongue ve diğerleri (2020) hesaplama görevlerinin karbon emisyonlarını ölçmek için Yeşil Algoritmalar kavramını tanıtmıştır. Bu etkiler öncelikle enerji tüketimi ve ilgili sera gazı (GHG) emisyonları açısından ifade edilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmalar iklim modellemesinde ortaya çıkan tüketimi azaltmayı amaçlamaktadır. Daha verimli yapay zeka algoritmaları ve donanımları geliştirilip uygulanarak, iklim modellerinin genel enerji tüketimi ve karbon ayak izi büyük ölçüde azaltılabilir. Bu sadece çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda gelişmiş iklim modellemesinin uygulanabilir ve erişilebilir kalmasını sağlayarak iklim bilimi ve politikasında ilerleme sağlar.

4.3. Kaynak Yönetimi

Etkili kaynak yönetimi sürdürülebilir kalkınma için önemlidir ve iklim değişikliğini azaltma ve uyum çabalarını doğrudan etkiler. YZ müdahaleleri, iklim değişikliğiyle mücadelede hayati önem taşıyan doğal kaynakların yönetimi ve korunmasını optimize etme konusunda önemli bir umut vaat etmektedir. Örneğin,

Yapay zeka odaklı analitik, su kullanımını optimize ederek ve topraktan kaynaklanan sera gazını azaltarak tarımsal uygulamaları geliştirebilir. Balıkçılıkta, YZ sistemleri balık popülasyonlarının izlenmesine ve yönetilmesine yardımcı olarak ekolojik dengeyi koruyan ve karbon ayak izlerini azaltan sürdürülebilir hasat uygulamaları sağlar. YZ sistemleri, çeşitli alanlardaki kaynak yönetimi uygulamalarını iyileştirmekte ve gelişmiş veri analitiği, makine öğrenimi ve gerçek zamanlı izlemeyi entegre ederek daha geniş iklim esnekliği stratejilerine katkıda bulunmaktadır. Bu bütünsel yaklaşım, kaynak yönetimi uygulamalarının hem sürdürülebilir hem de iklim değişikliğiyle mücadelede etkili olmasını sağlar.

4.3.1. Balıkçılık Yönetimi ve Deniz Yaşamının Korunmasında Yapay Zeka Müdahaleleri

Yapay zeka teknolojileri, balıkçılık yönetiminin geliştirilmesinde ve deniz yaşamının korunmasında hayati bir rol oynamaktadır. YZ, balık stoklarını takip ederek, deniz alanlarını koruyarak ve yasadışı balıkçılık faaliyetleriyle mücadele ederek sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarının teşvik edilmesine yardımcı olmaktadır.

4.3.1.1. Balık Stoklarının Takibi ve Deniz Koruma Alanlarının Korunması

İnsan faaliyetleri deniz ekosistemleri için önemli tehditler oluşturmakta, bu da etkili yönetim ve korumayı çok önemli hale getirmektedir. Yapay zeka teknolojileri, balık stoklarını ve deniz koruma alanlarını (MPA'lar) izleme ve yönetme becerisini geliştirmiştir. YZ ve otomasyonun uygulanması, özellikle deniz ekosistemlerinin korunması ve MPA'ların tanımlanmasında deniz koruma çabalarını büyük ölçüde geliştirmektedir (Şeyma 2023). Makine öğrenimi algoritmaları, balık popülasyonlarını ve hareketlerini izlemek için uydu görüntüleri, sonar ve diğer uzaktan algılama teknolojilerinden elde edilen verileri analiz eder. Bu, sürdürülebilir balıkçılık yönetimi için kilit öneme sahip olan balık stok seviyelerinin daha doğru değerlendirilmesine olanak tanır.

YZ araştırmaları, çeşitli YZ modelleri ve teknikleri aracılığıyla su kirliliğinin izlenmesi, kirlenici takibi, kirliliğin azaltılması ve önlenmesi stratejileri, asitleşmenin azaltılması ve habitat ve türlerin korunmasını kapsayan deniz kaynakları yönetimini büyük ölçüde geliştirmiştir (Bibri ve ark. 2023). Bunlar arasında ML, CNN'ler ve RNN'ler ile DL, GA, ML tabanlı Tür Dağılım Modelleri (SDM'ler) ve zaman serisi tahminlerinin yanı sıra Otonom Sualtı Araçları (AUV'ler) ve Uzaktan Kumandalı Araçlar (ROV'lar), nano uydular, dronlar ve robotlar yer almaktadır (Bakker 2022; Ridge 2020; Şeyma 2023). Örneğin, ML teknikleri sualtı fotoğraflarını analiz etmek için kullanılabilir ve deniz türlerinin tanımlanmasını ve kategorize edilmesini sağlar (Moniruzzaman et al. 2017). Ayrıca, Watanabe ve arkadaşları (2019), en iyi şekilde kontrol edilen robotları kullanan otonom bir izleme sisteminin gerekli olduğunu belirlemiştir. Sualtı deniz yaşamını ve okyanus yüzeyindeki yüzen enkazı tespit etmek için YOLOv3 olarak bilinen bir DL algoritması kullanılmışlar ve sırasıyla %69,5 ve %77,2 hassasiyet elde etmişlerdir.

Yapay zeka teknikleri, karar verme sürecini geliştirmek için Karar Destek Sistemlerine (KDS) entegre edilebilir. Bunlar, kullanıcıların çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği bağlamında bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmak için çeşitli veri kaynaklarına, analitik modellere ve kullanıcı arayüzlerine dayanmaktadır. Bu, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesini, türlerin korunmasını, su kimyası ve kalitesini ve hidro-meteorolojik tahminleri içerir (Nishant ve ark. 2020). KDS'ler ML, FL, NLP veya Uzman Sistemler (ES) gibi YZ tekniklerini içerdiğinde, daha gelişmiş ve akıllı destek sağlayabilirler. YZ'yi otomatikleştirmek ve kullanmak, balıkçılığı etkin bir şekilde yöneten ve MPA'ların kurulmasını iyileştiren YZ tabanlı karar destek sistemleri geliştirerek deniz kaynaklarının yönetimini geliştirir (Şeyma 2023). Otomasyon ve YZ, yeni perspektifler sunarak ve veri toplama ve işlemeyi geliştirerek deniz araştırmalarını dönüştürme potansiyeline sahiptir (Ditria ve ark. 2022; Addison ve ark. 2018).

Villon ve arkadaşları (2018), su altı görüntülerindeki balık türlerini tanımlamak için bir CNN geliştirmiş ve değerlendirmiş, performansını hız ve doğruluk açısından insan yetenekleriyle karşılaştırmıştır. CNN, 900.000 görüntüden oluşan çeşitli bir veri kümesi kullanılarak, tüm balık gövdeleri, kısmi balık gövdeleri ve resif tabanları veya su gibi çevresel unsurlar dahil olmak üzere 20 farklı balık türünü tanımlamak için eğitildi. CNN'in doğruluğu, dokuz türü temsil eden 1.197 görüntüden oluşan bir test kümesi üzerinde insan performansına karşı test edilmiştir. Sonuçlar, CNN'in %94,9'luk bir doğru tanımlama oranına ulaştığını ve %89,3'lük insan doğruluk oranından daha yüksek olduğunu göstermiştir. CNN, mercanlar veya diğer balıklar tarafından kısmen gizlenmiş balıkları tanımlamada ve daha küçük veya bulanık görüntüleri işlemede özellikle etkiliyken, insanlar bükülmüş vücutlar gibi olağandışı pozisyonlardaki balıkları tanımlamada daha iyiydi. CNN tarafından yapılan her bir tanımlama, standart donanım kullanılarak ortalama 0,06 saniye sürmüştür. Bunlar

Bulgular, DL yöntemlerinin, özellikle de CNN'lerin, su altı görüntülerindeki balık türlerini verimli ve doğru bir şekilde tanımlayabildiğini ve deniz biyoçeşitliliğinin uygun maliyetli, video tabanlı izlenmesi için umut verici bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Deniz biyoçeşitliliğinin etkin bir şekilde izlenmesinin, tür dağılımındaki değişimlerin izlenmesine, popülasyon dinamiklerindeki değişikliklerin tespit edilmesine ve ısınan okyanuslar, asitlenme ve iklimle ilgili diğer değişikliklerden etkilenen deniz habitatlarının sağlığının değerlendirilmesine yardımcı olduğu için, iklim değişikliğinin deniz ekosistemleri üzerindeki etkilerinin anlaşılması ve azaltılması için çok önemli olduğunu belirtmek gerekir.

Okyanus gözlem sistemlerinden ve uydu uzaktan algılamadan elde edilen giderek artan sayıda büyük ve karmaşık veri kümesi artık yapay zeka ve otomasyon ile analiz edilmektedir (Patel ve ark. 2022). Bu veri kümelerini analiz etmek için makine öğrenimi algoritmalarının kullanılması, manuel olarak tespit edilmesi zor olan kalıpları ve eğilimleri ortaya çıkarabilir, böylece okyanus süreçleri ve iklim etkileri hakkındaki anlayışımızı geliştirebilir ve deniz kaynaklarının yönetimini iyileştirebilir. Yapay zeka ve otomasyon, deniz kaynaklarının izlenmesi ve yönetilmesi, okyanus koşullarının tahmin edilmesi ve veri toplama ve analizi için büyük umut vaat etse de, bu teknolojiler henüz erken aşamalarında olduğundan, potansiyellerinden tam olarak yararlanmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Song ve ark. 2023). MPA'lardaki önemli araştırma boşluklarından ve zorluklardan biri, otomatik izleme araçlarının geliştirilmesi ve yasadışı faaliyetleri tespit etmek, gerçek zamanlı izleme yeteneklerini geliştirmek ve yasadışı balıkçılık faaliyetlerine ilişkin veri eksikliğini gidermek için YZ'nin kullanılması konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmasıdır (Şeyma 2023). Bununla birlikte, YZ, veri toplama, işleme, izleme ve analizi büyük ölçüde iyileştirerek deniz koruma çabalarını geliştirmekte, daha bilinçli ve verimli koruma stratejileri ve deniz ekosistemi yönetimine yol açmaktadır.

4.3.1.2. Yasadışı Balıkçılık Faaliyetleriyle Mücadele

Yasadışı, bildirilmemiş ve düzenlenmemiş (IUU) balıkçılık, deniz ekosistemleri için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Tahmine dayalı analitik ve gerçek zamanlı izleme sistemleri gibi yapay zeka odaklı çözümler, IUU balıkçılığıyla mücadele etmek için kullanılmaktadır. Bu sistemler, şüpheli faaliyetleri tespit etmek ve yetkilileri bilgilendirmek için uydu izleme ve otomatik tanımlama sistemleri (AIS) dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen verileri kullanmaktadır. Bu uygulamalarda yapay zekanın kullanılması, yasadışı balıkçılığı daha verimli bir şekilde tespit etme ve müdahale etme yeteneğini geliştirmekte, böylece deniz kaynaklarını korumakta ve sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarını teşvik etmektedir.

Appana ve diğerleri (2020), MPA'lar için uç teknoloji tabanlı bir YZ sistemi geliştirerek IUU balıkçılığı ile mücadeleye odaklanmıştır. Sistem, YZ tabanlı görüntü tanıma yoluyla yasadışı balıkçılığı tespit etmek için video kameralar ve işlemcilerle donatılmış şamandıralarda düşük maliyetli, güneş enerjisiyle çalışan uç bilişim cihazlarını kullanmaktadır. Sonuçlar, sistemin yasadışı faaliyetlerde bulunan tekneleri etkili bir şekilde tespit ettiğini ve izlediğini ve aşırı avlanmayı azalttığını göstermiştir. Uç cihazlar verileri yerel olarak işliyor ve gizli bir drone verileri toplayıp raporlayarak 7/24 kesintisiz gözetim sağlıyor. Bu teknoloji, hükümetlere ve STK'lara yasadışı balıkçılık faaliyetleriyle ilgili gerçek zamanlı uyarılar sunarak MPA'ların korunmasını destekliyor.

Cheng ve diğerleri (2023), yönetim uygulamalarını geliştirmek, yasadışı balıkçılığı önlemek, balıkçılık alanlarını belirlemek ve hasadın balıkçılık kaynakları üzerindeki etkisini değerlendirmek için balıkçı teknesi davranışını analiz etmede yapay zekanın kullanımını araştırmıştır. Gelişmiş tekne takip sistemlerinin geliştirilmesiyle birlikte, balıkçı tekneleri hakkında çok sayıda gerçek zamanlı veri elde edilebilmekte ve bu da davranışlarının detaylı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu büyük hacimli veriyi etkili bir şekilde işlemek için yapay zeka algoritmaları giderek daha fazla uygulanmaktadır. Balıkçı teknesi davranışlarını incelemek için çeşitli kaynaklar, davranış kalıplarını izlemek ve çıkarmak için kullanılan YZ yöntemleri ile birlikte ele alınmakta ve bu davranışları etkileyen fiziksel, ekolojik ve sosyal faktörler üzerine yapılan araştırmalar sentezlenmektedir. Bu yapay zeka, yasadışı balıkçılık faaliyetlerinin tespit edilmesine ve önlenmesine önemli ölçüde yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Backker (2022), deniz biyoçeşitliliğinin korunmasında dijital güdümlü yeryüzü sistemi yönetişimine yönelik yenilikçi bir yaklaşımı incelemiştir: Yapay Zeka destekli, mobil deniz koruma alanları (MMPA'lar). Bu okyanus yönetişimi biçimi, nano uydular, dronlar, çevresel sensör ağları, dijital biyoakustik, deniz etiketleri ve derin deniz İHA'ları gibi çeşitli kaynaklardan veri toplayan dijital donanım kullanarak gerçek zamanlı olarak çalışır ve potansiyel olarak geniş okyanus alanlarını kapsayabilir. Toplanan veriler daha sonra makine öğrenimi algoritmaları, CV ve ekolojik bilişim teknikleri kullanılarak analiz edilir. Bilim insanları ve düzenleyiciler, çevresel değişikliklere ve rahatsızlıklara uyarlanabilir, gerçek zamanlı yanıtlar verme yetenekleri nedeniyle bu yapay zeka destekli sistemlerin küresel okyanus yönetiminde kullanılmasını giderek daha fazla savunmaktadır. Deniz ortamlarının izlenmesini ve korunmasını geliştirerek, MMPA'lar yasadışı faaliyetleri ve aşırı avlanmayı gerçek zamanlı olarak tespit edebilir ve bunlara yanıt verebilir.

koruma düzenlemelerinin daha etkili bir şekilde uygulanmasını sağlar. Yapay zeka, düzenlemelere uyulmasını sağlamak ve aşırı avlanma ve kaçak avlanma gibi yasadışı faaliyetleri tespit etmek için MPA'ların izlenmesine de yardımcı olabilir.

Yasa dışı balıkçılık, iklim değişikliği ile birkaç önemli açıdan yakından ilişkilidir. İklim değişikliği okyanus sıcaklıklarında, akıntılarda ve ekosistemlerde değişimlere yol açarak balık popülasyonlarının yeni alanlara taşınmasına neden olabilir, bu da bazı bölgelerde aşırı avlanmaya, bazılarında ise yetersiz avlanmaya yol açarak bazı balıkçıları av seviyelerini korumak için yasadışı balıkçılık uygulamalarına itebilir. Ayrıca, okyanus asitlenmesi ve deniz sıcaklığındaki değişiklikler gibi iklim değişikliği etkileri balık popülasyonlarını strese sokabilir ve sayılarını azaltabilir, bu da balıkçıların azalan stokları telafi etmek için yasadışı yöntemlere başvurmaya yol açabilir. Sanayi Devrimi'nin başlangıcından bu yana, yüzey okyanus sularının asitliği yaklaşık %30 oranında artmıştır (NASA 2024). Bu artış, okyanus tarafından daha fazla emilmesine yol açan insan faaliyetlerinden kaynaklanan daha yüksek CO₂ emisyonlarına bağlanmaktadır. Ayrıca, geçimlerini balıkçılıktan sağlayan topluluklar, iklim değişikliğinin balık mevcudiyeti ve dağılımı üzerindeki etkileri nedeniyle artan ekonomik baskılarla karşı karşıya kalabileceğinden, ekonomik baskılar da bir rol oynamakta ve bazılarının hayatta kalma aracı olarak yasadışı balıkçılığa yönelmesine neden olmaktadır. Ayrıca iklim değişikliği, birçok balık türünün yaşam döngüsü için gerekli olan mercan resifleri ve mangrovlar gibi kritik deniz habitatlarına zarar verebilir. Bu habitatların tahrip edilmesi balıkları göçe zorlayarak yasal ve sürdürülebilir balıkçılık uygulamaları için yeni zorluklar yaratmakta ve yasadışı balıkçılık faaliyetlerini potansiyel olarak artırmaktadır.

Özetle, yapay zeka odaklı çözümler, gerçek zamanlı izleme ve analiz için gelişmiş araçlar sağlayarak IUU balıkçılığı ile mücadelede stratejik bir rol oynamaktadır. Şüpheli faaliyetlerin belirlenmesine, deniz koruma alanlarının gözetiminin geliştirilmesine ve deniz kaynaklarının genel yönetiminin iyileştirilmesine yardımcı olarak deniz ekosistemlerinin korunmasına önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Yapay zeka, gerçek zamanlı veri ve içgörüler sağlayarak koruma düzenlemelerinin daha verimli ve etkili bir şekilde uygulanmasını sağlar, sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarını destekler ve deniz biyoçeşitliliğinin uzun vadeli sağlığını güvence altına alır.

4.3.1.3. Sürdürülebilir Balıkçılık Uygulamalarının Hayata Geçirilmesi

Aşırı avlanma, IUU balıkçılığı ve kirlilik gibi insan faaliyetleri, deniz ekosistemleri ve türleri için önemli riskler oluşturmaktadır. Okyanuslar hayati bir biyoçeşitlilik kaynağıdır ve değeri 120 milyar doları aşan küresel deniz ürünleri pazarını destekleyerek dünya nüfusunun neredeyse yarısı için vazgeçilmezdir (Birleşmiş Milletler SDG 14 2022). IUU balıkçılığından kaynaklanan aşırı avlanma, balıkçılığı ciddi şekilde tüketmekte ve topluma yılda 23,5 milyar dolara mal olmaktadır (NOAA 2022). Başarılı koruma yönetimi bilimsel araştırmalara, toplum katılımına ve güçlü yönetime bağlıdır ve stratejiler arasında MPA'ların kurulması, balıkçılık kotalarının uygulanması ve kirlilik kontrol önlemlerinin uygulanması yer almaktadır (Seyma 2023).

EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde iklim adaptasyonu ve azaltımı için önemli bir strateji, karbon tutulması için kıyı ekosistemlerinden yararlanan mavi karbon kavramıdır. Geniş mangrov ve deniz çayırı yatakları da dahil olmak üzere dünyanın en biyolojik çeşitliliğe sahip sıcak noktalarından bazılarında ev sahipliği yapan bu bölgeler, karbon depolama için önemli bir potansiyele sahiptir ve emisyon azaltımı, gelişmiş gıda güvenliği ve yoksulluğun azaltılması gibi faydalar sunmaktadır. Yapay zekanın bu çabalara entegre edilmesi, etkilenen topluluklarla yakın işbirliği içinde geliştirilen veri verimliliğini, şeffaflığını ve doğruluğunu artırarak mavi karbon birikimini artırabilir.

Toplum temelli yaklaşımları birleştiren YZ, sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarının geliştirilmesinde yenilikçi bir rol oynayabilir. YZ sistemleri, balıkçılık kotaları, mevsimsel kapanmalar ve diğer yönetim önlemlerini önermek için balık popülasyonları, çevresel koşullar ve balıkçılık faaliyetleri hakkındaki verileri analiz edebilir. Bu YZ çözümleri, topluluk ihtiyaç değerlendirmeleri ve katılımcı tasarım yoluyla yerel zorluklara göre uyarlanarak, yerel balıkçı topluluklarının özel ihtiyaçlarını daha etkili bir şekilde karşılayabilir. Ayrıca YZ, besleme uygulamalarını optimize ederek, su kalitesini izleyerek ve hastalıkları önleyerek su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimini destekleyebilir ve böylece sürdürülebilir deniz ürünleri üretimini teşvik edebilir.

Samaei ve Hassanabad (2024), sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde deniz endüstrileri, denizler ve yapay zekanın kesişimine odaklanmıştır. Birincil odak noktası, sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarını ve diğer denizcilik faaliyetlerini YZ teknolojilerinin yardımıyla geliştirmektir. YZ'nin dönüştürücü etkisi veya destekleyici potansiyeli, navigasyonun optimize edilmesi, sürdürülebilir balıkçılığın teşvik edilmesi ve denizcilik alanında yenilenebilir enerji girişimlerinin geliştirilmesi gibi çeşitli uygulamalarla vurgulanmaktadır. Temel bulgular arasında şunlar yer almaktadır

otonom navigasyon, öngörücü bakım, deniz trafiği yönetimi, çevresel izleme, akıllı liman operasyonları ve akıllı su ürünleri yetiştiriciliği için yapay zekanın uygulanması. Takviyeli öğrenme, makine öğrenimi, sinir ağları, GA ve IoT sensörleri gibi yapay zeka teknolojileri, verimliliği, doğruluğu ve 7/24 operasyonel yetenekleri önemli ölçüde geliştirmiştir.

Amuthakkannan ve diğerleri (2023), Ummanlı balıkçılar için emniyet, güvenlik, navigasyon ve bilgi paylaşımını artırmak için balıkçı teknesi otomasyonunda yapay zeka uygulamasını araştırmıştır. Çalışma, hava değişiklikleri, sınır takibi, navigasyon sorunları, yasadışı balıkçılık, korsan saldırıları, petrol sızıntıları ve teknik arızalar gibi zorlukların üstesinden gelmek için modern teknolojiye duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Tekne otomasyonunda yapay zeka uygulanarak balıkçılık deneyimi daha sürdürülebilir ve güvenli hale getirilebilir. Gelişmiş iletişim cihazlarıyla donatılmış yüksek kaliteli balıkçı tekneleri, hem balıkçılara hem de kontrol odalarına gerekli bilgileri sağlamak için gereklidir. Bu çalışma, Umman'da sürdürülebilir ve verimli bir balıkçılık deneyiminin sağlanmasında YZ'nin önemini vurgulamaktadır.

Yapay zekanın deniz kaynakları yönetimine entegrasyonu çeşitli açılardan kilit bir rol oynamaktadır. Verimliliğin artmasına, maliyet tasarrufuna, kişiselleştirilmiş müşteri deneyimlerine ve tahmine dayalı analitiğe yol açarak yapay zekayı denizcilik sektöründe sürdürülebilir ve çevreye duyarlı bir gelecek için yenilikçi çözümlerin arkasındaki itici güç olarak konumlandırmıştır (Samaei ve Hassanabad 2024).

YZ teknolojileri, balık popülasyonlarının ve deniz ekosistemlerinin sağlığının izlenmesinde, MPA'ların korunmasının kolaylaştırılmasında ve sürdürülebilir kaynak yönetiminin sağlanmasında etkilidir. YZ güdümlü gözetim sistemleri, IUU balıkçılığının tespit edilmesi ve önlenmesinde çok önemlidir. Bu sistemler uydu görüntülerinden ve deniz trafiğinden elde edilen verileri analiz ederek şüpheli faaliyetleri tespit edip bunlara müdahale etmekte, deniz yaşamını korumakta ve balık popülasyonlarını sürdürmektedir. Yapay zeka, kaynak kullanımını optimize ederek ve çevresel etkiyi en aza indirerek sürdürülebilir balıkçılığı destekler. Tahmine dayalı analitik ve gerçek zamanlı veri toplama, balıkçılık kotaları, mevsimleri ve konumları hakkında bilinçli kararlar alınmasını sağlayarak deniz ekosistemlerinin uzun vadeli sağlığını ve üretkenliğini teşvik eder. Bu gelişmeler birlikte, yapay zekanın deniz kaynakları yönetimini geliştirmedeki önemli rolünü vurgulamaktadır.

4.3.2. Tarım Yönetiminde Yapay Zeka Müdahaleleri

Yapay zeka, tarımsal üretkenliği ve sürdürülebilirliği artıran veriye dayalı içgörüler ve uyarlanabilir stratejiler sağlayarak tarım yönetiminde devrim yaratırken, çiftçilerin değişen iklim koşullarını daha etkili bir şekilde yönetmelerini sağlıyor.

4.3.2.1. Veriye Dayalı İçgörülerle Tarımın Geliştirilmesi

Tarımsal uygulamaları geliştirmek için yapay zeka ve uygulamalı makine öğrenimi tekniklerinden yararlanılmaktadır. Yapay zeka, gelişmiş algoritmaları ve gerçek zamanlı veri analizini entegre ederek çiftçileri bilinçli kararlar almaları için kritik bilgilerle güçlendiriyor. Bu teknolojik ilerleme, iklim değişikliğinin ve gıda üretimine yönelik artan talebin yarattığı zorlukların üstesinden gelmek için önemlidir.

Hassas tarım teknolojileri, mahsul sağlığını, toprak koşullarını, haşere istilalarını, optimum ekim zamanlarını, hava kalitesini ve hava durumu modellerini izlemek için uydu görüntüleri, dronlar ve sensörler gibi çeşitli kaynaklardan gelen verileri analiz etmek için yapay zekayı kullanır. Bu veri odaklı yaklaşımlar ve eyleme geçirilebilir içgörüler, hassas kaynak yönetimi sağlayarak verimin artmasına ve çevresel etkinin azalmasına yol açar.

Özellikle hassas tarım, tarımsal verimi artırmak ve karar alma süreçlerini iyileştirmek amacıyla kritik çevresel parametreler, işgücü maliyetleri ve kullanılabilirliği hakkında gerçek zamanlı veri toplamak için gelişmiş sensörlerden ve tahmine dayalı analitiklerden yararlanmaktadır (Raj ve ark. 2021). López Santos ve arkadaşları (2019), sürdürülebilir arazi yönetimi için YSA vaka çalışmalarındaki kritik değişkenleri araştırırken, meyve bahçesi veriminin fiziksel ekim koşullarına, iklim kullanım kabiliyetine ve meyve bahçelerinden rastgele örnekleme yoluyla çiftçilerin mahsul bilgisine bağlı olduğunu bulmuştur. Bu bilgiler, çiftçilerin sulama, gübreleme ve haşere kontrolü hakkında bilinçli kararlar almasını sağlayarak verimin artmasına ve kaynak kullanımının azalmasına yol açmaktadır. Hassas tarım, üretimi artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için yapay zekayı kullanarak tarımsal verimliliği ve sürdürülebilirliği artırır (Das ve ark. 2018; Ampatzidis ve ark. 2020; Reddy ve ark. 2022; Wei ve ark. 2020). YZ güdümlü hassas tarım, aşağıdakilerle birlikte

genom analizi ve düzenleme teknikleri, araziye çok uygun mahsuller üretebilir ve bitki üretimini optimize edebilir (Joseph ve ark. 2021).

Rustia ve diğerleri (2022), Entegre Zararlı Yönetimi'ndeki (IPM) ana darboğaz olan güvenilir ve anlık ürün hasarı verilerinin eksikliğini ele almıştır. Bu sorunun üstesinden gelmek için Akıllı ve Entegre Zararlı ve Hastalık Yönetimi (I2PDM) sistemi geliştirdiler. AIoT tabanlı bu sistem, trips ve beyaz sinekler gibi başlıca sera zararlılarını otomatik olarak tespit etmek ve tanımak ve sıcaklık, nem ve ışık yoğunluğu gibi çevresel koşulları ölçmek için uç bilişim cihazlarını kullanıyor. Sonuçlar, sistemin IPM ile ilgili görevlerde çiftlik yöneticilerini önemli ölçüde desteklediğini ve böcek zararlısı sayısında %50,7'ye varan düşüşlerle yıllık bazda önemli bir azalmaya yol açtığını göstermiştir. Çalışma, I2PDM sisteminin otomatik, uzun vadeli veri toplama ve analizi yoluyla IPM'de önemli bir ilerlemeyi temsil ettiği sonucuna varmıştır. Bu yenilikçi yaklaşım, sürdürülebilir ve veri odaklı IPM için yeni olanaklar sunmakta ve daha etkili haşere yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesi için çiftlik yöneticileri, araştırmacılar, uzmanlar ve endüstriler arasında işbirliğini teşvik etmektedir.

Dheeraj ve diğerleri (2020), çevre dostu ve yüksek performanslı sistemler oluşturarak iklim değişikliğini hafifletmede yapay zeka ve IoT teknolojilerinin rolünü araştırmıştır. Yazarlar, bu teknolojilerin kaynak kullanımını optimize ederek ve insan müdahalesini azaltarak iklim değişikliğinin etkilerini nasıl yönettiğini göstermektedir. IoT ve yapay zekayı entegre ederek, toprak nemi, hava koşulları, gübreleme seviyeleri, toprak bileşimi, sıcaklık ve sulama sistemleri gibi çeşitli çevresel faktörleri izlemek için tarla sensörlerinden toplanan veriler analiz edilmektedir. Sonuçlar, bu entegrasyonun mahsul üretimini artırmaya yardımcı olduğunu, çiftçiler için daha yüksek gelir sağladığını ve iklim değişikliğini etkili bir şekilde ele almak için yapay zeka ve IoT'nin potansiyelini ortaya koyduğunu göstermektedir.

Özetle, yapay zeka ve uygulamalı makine öğrenimi teknikleri, çiftçilere kritik, gerçek zamanlı veriler ve eyleme geçirilebilir içgörüler sağlayarak tarımsal uygulamalarda devrim yaratıyor. Gelişmiş sensörler ve tahmine dayalı analitiklerden yararlanan hassas tarım teknolojileri, mahsul sağlığının, toprak koşullarının, haşere istilalarının ve çevresel faktörlerin hassas bir şekilde izlenmesini sağlar. Yapay zekanın IoT teknolojileriyle entegrasyonu, kaynak kullanımını optimize eder ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltır. Yapay zeka, hiper yerel, coğrafi referanslı verileri kullanarak ve bunları uydu görüntüleri ve gerçek verilerle birleştirerek, Sahra Altı Afrika gibi iklim açısından hassas bölgelere özel tahminlerin ve önerilerin doğruluğunu artırır. Yapay zeka güdümlü sistemler, mahsul verimi için öngörülü bilgiler ve potansiyel mahsul başarısızlıkları için erken uyarılar sunarak proaktif karar verme ve iklim değişikliğine uyumu desteklemektedir. Genellikle geleneksel yöntemlere bağımlı olan ve sınırlı kaynaklar nedeniyle önemli zorluklarla karşılaşan küçük ölçekli çiftçiler için bu gelişmeler, üretkenliği ve dayanıklılığı artırmak için paha biçilmez destek ve fırsatlar sunmaktadır. Ayrıca, açık, yüksek kaliteli veri setlerinin mevcudiyeti işbirliğini teşvik etmekte ve daha geniş tarımsal uygulamaları destekleyerek üretimi artırmakta ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmektedir. Genel olarak, yapay zeka odaklı hassas tarım, iklim değişikliğinin yarattığı zorluklara gelişmiş çözümler sunarak hem üretkenliği hem de dayanıklılığı artırır.

4.3.2.2. Değişen İklim Koşullarına Uyum Sağlamaya Yönelik Stratejiler

İklim değişikliği tarım için önemli bir zorluk teşkil etmekte ve gıda güvenliğini sağlamak için uyarlanabilir stratejilerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Yapay zeka, çiftçilerin değişen hava koşullarını ve çevresel koşulları tahmin etmelerine ve bunlara yanıt vermelerine yardımcı olarak bu alanda vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Tahmine dayalı analitik ve gerçek zamanlı izleme yoluyla YZ, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için kuraklığa dayanıklı mahsuller ve optimize edilmiş sulama sistemleri gibi uyarlanabilir tarım uygulamalarının uygulanmasına rehberlik edebilir.

Tarımla ilgili iklim değişikliği zorlukları arasında değişen büyüme mevsimleri, artan haşere ve hastalık baskıları ve aşırı hava olayları yer almaktadır. Yapay zeka, çiftçilerin bu zorlukların üstesinden gelmek için uyarlanabilir stratejiler geliştirmelerine yardımcı olabilir. Hassas tarım, ML, DL ve CV kullanarak zararlıları tanımlamak, mahsul hastalıklarını doğru ve hızlı bir şekilde tespit etmek, verimi tahmin etmek ve gübre ve pestisit kullanımını optimize etmek için YZ'yi kullanır (Chen ve ark. 2023). Herbisitler veya diğer kimyasal kalıntılar, genellikle rüzgarın yakındaki mahsullere veya tarlalara küçük sprey çözeltisi damlacıkları üflemeinden kaynaklanan kimyasal sprey transferi nedeniyle bitkisel ürünlerde bırakılabilir (Creech ve ark. 2015). Hassas püskürtme teknolojisi, gerekli herbisit miktarını büyük ölçüde azaltarak ve sadece yabancı otların bulunduğu yerlere uygulayarak bu sorunu ele alır. Bu hedefli uygulama, çevresel etkiyi önemli ölçüde azaltabilir, maliyetleri düşürebilir, mahsul hasarını azaltabilir ve aşırı kimyasal kalıntıları en aza indirebilir (Balafoutis ve ark. 2017), böylece tarımsal uygulamaları değişen çevresel koşullara uyarlayabilir.

Ayrıca Swaminathan ve arkadaşları (2023), yabani otları izlemek ve püskürtmek için yapay zeka ve CV ile donatılmış robotların mahsullerde kimyasal kullanımını %80 oranında azaltabileceğini ve herbisit maliyetlerini %90 oranında düşürebileceğini bildirmiştir. Hassas gübrelemede, bir gübre uygulama modeli gerekli gübre girdisini hesaplar ve daha sonra toprağın besin seviyelerini değerlendirdikten ve tarlayı bir ızgaraya böldükten sonra değişken oranlı bir aplikatör kullanılarak uygulanır (Elbeltagi ve ark. 2022).

Makine öğrenimi modelleri, iklim değişikliğinin mahsul verimi üzerindeki etkilerini tahmin edebilir ve ekim tarihlerinin değiştirilmesi, dirençli mahsul çeşitlerinin seçilmesi ve su tasarrufu sağlayan teknolojilerin uygulanması gibi uyarlanabilir önlemler önerebilir. Du ve arkadaşları (2021) pamuk yetiştiriciliği için su ve gübre kullanımını optimize etmek amacıyla toprak iletkenlik eşiklerini kullanan yüksek verimli bir su ve gübre kontrol sistemi geliştirmiştir. Toprak iletkenliğini ve nem içeriğini izleyen bu sistem, kaynak kullanımında %10,89'luk bir azalma sağlamıştır. Ayrıca, referans evapotranspirasyonun doğru bir şekilde hesaplanması, mahsulün su ihtiyacının karşılanması için önemlidir ve etkili su yönetimi ve sürdürülebilir tarım için gerekli verileri sağlar.

Kenya'da faaliyet gösteren proje (Spratt 2023), tarımsal dayanıklılığı ve gıda güvenliğini desteklemek için yapay zekanın yenilikçi kullanımını sergilemektedir. Bu projede geliştirilen yapay zeka güdümlü erken uyarı sistemi, küçük toprak sahibi çiftçilere mahsul verim tahminlerini geliştirmek ve hasat yönetimini optimize etmek için kritik içgörüler sağlıyor.

Ürün Fenotipleme ve Gıda ve Beslenme Güvenliği için Erken Uyarı Sistemi Ülke:

Kenya

Katılan Kuruluşlar: Yerel Kalkınma Araştırma Enstitüsü (LDRI), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GZ) - FAIR Forward

Kısa Açıklama

LDRI ve GIZ'in FAIR Forward projesi arasındaki işbirliği, küçük çiftçilerin Kenya'da mahsul verim tahmini ve izlemesi için yapay zeka teknolojilerini kullanmalarına olanak sağlamayı amaçlıyor. LDRI ve FAIR Forward tarafından geliştirilen Yapay Zeka Erken Uyarı Sistemi, zamanında ve doğru mahsul verimi tahminleri sunarak küçük ölçekli çiftçiler için hasat yönetimini önemli ölçüde geliştiriyor. Sistem, meteoroloji istasyonlarından, uydu görüntülerinden ve toprak sensörlerinden gelen verileri entegre ederek, çiftçilerin olumsuz koşulları önceden tahmin etmelerini ve proaktif önlemler almalarını sağlayan hassas, yerelleştirilmiş bilgiler sağlar. Bu da iklim değişikliğinden kaynaklanan ürün kayıplarının azalmasını ve kaynak kullanımının optimize edilmesini sağlıyor. KiEmbu, Luhya, Kikuyu ve Kiswahili dahil olmak üzere yerel dillerin dahil edilmesi, tavsiyelerin çok çeşitli çiftçiler tarafından erişilebilir olmasını sağlayarak sistemin farklı dil grupları arasındaki etkinliğini artırmaktadır.

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Uyum Etkileri ve Sonuçları

Erken Uyarı Sistemi, çiftçilerin bilinçli kararlar almasını sağlayarak ürün kayıplarını en aza indirir ve iklim değişikliği karşısında kaynak kullanımını optimize eder. Sistem, kesin ve yerelleştirilmiş bilgiler sunarak çiftçilerin potansiyel iklim tehditlerini öngörmelerine ve azaltmalarına yardımcı olmaktadır. Örneğin, Kiambu ve Embu ilçelerindeki 6 tarımsal-ekolojik bölgede 400 çiftliğin izlenmesi, sistemin mahsul verimini doğru bir şekilde tahmin etme ve potansiyel mahsul başarısızlıklarını belirleme yeteneğini göstermiştir. KiEmbu, Luhya, Kikuyu ve Kiswahili gibi yerel dillerin entegrasyonu, sistemin tavsiyelerinin çok çeşitli çiftçiler için erişilebilir ve uygulanabilir olmasını sağlayarak farklı dil toplulukları arasında etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca proje, arazi kullanımı/çiftlik sınırı tahmin veri seti ve zamansal görüntü tabanlı veri seti olmak üzere iki açık ve kaliteli veri seti oluşturarak sistemin eyleme geçirilebilir içgörüler sunma kabiliyetini artırmıştır. Yeryüzü gözlem verilerinin analizine yönelik algoritmaların geliştirilmesi, ürüne özgü erken uyarı mekanizmalarını ve iklim değişikliğine yönelik öngörü önerilerini daha da desteklemektedir.

Sistemi Uganda ve Tanzanya'ya genişletmek, yeni mahsuller ve bölgeler için uyarlamalar yapmak ve Doğu Afrika'daki tarım topluluğunu daha fazla desteklemek için planlar devam etmektedir. Bu girişim hem acil tarımsal ihtiyaçlara cevap vermekte hem de bölgede uzun vadeli gıda güvenliği ve ekonomik istikrara katkıda bulunmaktadır.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

Karşılaşılan zorluklar arasında farklı kaynaklardan elde edilen verilerin doğruluğunun sağlanması, yapay zeka modellerinin yerel tarım uygulamalarıyla entegre edilmesi ve dil engellerinin aşılması yer alıyordu. Proje, topluluk katılımının, yerel bağlamlara sürekli adaptasyonun ve sağlam değerlendirme ölçütlerinin önemini vurguladı. Yeni bölgelere ve ürünlere yayılmak, dikkatli bir planlama ve yerel paydaşlarla işbirliği gerektirdi. Aşırı kuraklık eğilimleri Kenya'da, özellikle Kurak ve Yarı Kurak Arazilerde (ASALs) 4,2 milyon insan için akut gıda güvensizliğine neden oldu. Çiftçiler tutarsız hava tahminlerine güvenmiyor ve yerel işaretlere bel bağlıyordu. Çiftçilerin veri toplama sürecine dahil edilmesi güven oluşturmuş ve verilerin doğruluğunu sağlamıştır. Köy Bazlı Danışmanların (VBA) akıllı telefonlar ve ODK uygulaması ile eğitilmesi ve donatılması, verimli veri toplama için kritik öneme sahipti.

Elahi ve diğerleri (2019) Hafizabad ve Sheikhpura bölgelerinde mevcut verim seviyelerini korurken pirinç çiftlikleri için tarımsal kimyasalların hedef değerlerini tahmin etmiştir. Yazarlar, pestisit girdilerinin %52,6 ve saf azotlu gübre girdilerinin %43,6 oranında azaltılabileceğini ve bunun olumlu ve önemli bir etkiye yol açacağını bulmuşlardır. Putra ve diğerleri (2020), palmye yağı yetiştiriciliğinde besin maddelerinin kullanılabilirliğini ve kaybını simüle etmek için gübre uygulaması yoluyla besin maddelerinin depolanmasını ve salınmasını modellemiştir. Bu yaklaşım, gübre uygulamasını buna göre ayarlayarak belirli sahalardaki besin dengesinin belirlenmesine ve korunmasına yardımcı olmaktadır.

Yapay zeka, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerini değerlendirmek için değerlidir. Örneğin, Crane-Droesch (2018) çeşitli iklim değişikliği senaryoları altında mısır üretimini tahmin eden bir makine öğrenimi modeli geliştirmiştir. Benzer şekilde Jakariya ve arkadaşları (2020), Bangladeş kıyılarındaki çiftçilerin bir ankete verdikleri yanıtlara dayanarak kırılganlıklarını değerlendirmek için ML yöntemlerini kullanan bir mobil uygulama oluşturmuştur. Afrika'daki birçok çiftçi yağmurla beslenen tarıma güvenmeye devam etmekte ve bu da onları iklim değişikliğinin etkilerine karşı oldukça savunmasız hale getirmektedir (Serdeczny ve ark. 2017). Bu gözlemle tutarlı olarak, bölgedeki tarım uygulamalarını optimize etmek için gerekli olan yerel iklim projeksiyonları ve hava durumu tahminleri hakkında dijital veri kıtlığı vardır (Balogun ve ark. 2020). Bu bulgular, mevcut literatürde yeterince araştırılmamış bir boşluk olan yapay zeka gibi kaynaklara eşit olmayan erişimin daha geniş gözlemiyle uyumludur (Walsh ve ark. 2020). Ayrıca, daha önce de belirtildiği gibi, YZ, aşırı hava olayları için erken uyarılar ve risk değerlendirmeleri sağlayarak afete hazırlık konusunda yardımcı olabilir ve çiftçilerin mahsullerini ve geçim kaynaklarını korumalarına yardımcı olabilir.

Etminan ve diğerleri (2019), tarım ve bitki ıslahı için en iyi kuraklık tolerans endekslerini belirlemek üzere YSA uygulamasını araştırmış ve akıllı tarımın mahsul dayanıklılığını artırmadaki rolünü vurgulamıştır. Bir başka çalışmada Tran ve arkadaşları (2020) Vietnam'da pirinç üretiminde iklim-akıllı tarım teknolojilerinin benimsenmesini etkileyen faktörleri inceleyerek destekleyici politikaların ve çiftçi eğitiminin öneminin altını çizmiştir. Bu arada Jung ve arkadaşları (2021), uzaktan algılama ve yapay zekanın, karar verme için zamanında ve doğru veriler sağlayarak tarımsal üretim sistemlerinin dayanıklılığını artırma potansiyelini vurgulamıştır. Bu çalışmalar birlikte, sürdürülebilir tarım uygulamalarının ilerletilmesinde ve iklim uyumluluğunun geliştirilmesinde YZ'nin ve ilgili teknolojilerin önemli rolünü göstermektedir.

Gelişmiş yapay zeka teknolojilerinin tarıma entegrasyonu, bu yeniliklerin pratik potansiyelini göstermektedir. Hassas ilaçlama teknolojileri, herbisit uygulamasını yalnızca ihtiyaç duyulan yerlerde hedefleyerek kimyasal kullanımını azaltır, maliyetleri düşürür ve çevresel etkiyi en aza indirir. Bu yaklaşım, daha sürdürülebilir tarımsal uygulamalar sağlayarak değişen iklim koşullarına uyum sağlama yeteneğini geliştirir. Aynı zamanda, akıllı haşere yönetim sistemlerinden elde edilen veriye dayalı içgörüler, pestisit kullanımını optimize eder ve haşere kontrol verimliliğini artırarak daha etkili ve sürdürülebilir tarımsal operasyonlara yol açar. Bu gelişmeler toplu olarak, yapay zekanın esnek, sürdürülebilir ve uyarlanabilir tarım sistemleri oluşturmaya yönelik kilit katkısını vurgulamaktadır.

4.3.3. Diğer Kaynak Yönetimi için Yapay Zeka

Yapay zeka, su kaynakları yönetimi, ormancılık ve arazi yönetimi de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde kaynak yönetimini optimize etmek için giderek daha kritik hale gelmektedir. Su kaynakları yönetiminde YZ, kullanımın optimize edilmesine, kıtlıkların tahmin edilmesine ve dağıtım sistemlerinin yönetilmesine yardımcı olur. Ormancılık ve arazi yönetimi için yapay zeka, ormansızlaşmayı izleme, arazi kullanım değişikliklerini değerlendirme ve yeniden ağaçlandırma girişimlerini geliştirme çabalarını destekler. Bu sektörler, gelişmekte olan yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojilerinden yararlanarak iklim değişikliği karşısında sürdürülebilirlik ve dayanıklılık için gerekli olan daha akıllı, daha uyarlanabilir yönetim stratejileri elde edebilirler.

4.3.3.1. Su Kaynakları Yönetimi

Su kaynakları optimizasyonunda yapay zeka uygulamaları son yıllarda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu uygulamalar, su kaynaklarının korunmasını ve verimli kullanımını geliştirmeyi amaçlamaktadır. YZ, su kaynakları yönetiminin optimize edilmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. YZ ve makine öğrenimi algoritmaları, su talebini ve arzını tahmin etmek, sulama programlarını optimize etmek ve su dağıtım sistemlerindeki sızıntıları tespit etmek için sensörlerden, uydu görüntülerinden ve hava durumu tahminlerinden gelen verileri analiz eder. Bu teknolojiler suyun korunmasına, su kullanım verimliliğinin artırılmasına ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminin sağlanmasına yardımcı olur.

Su kaynakları yönetiminde kullanılan başlıca YZ modelleri arasında YSA'lar, DVM, karar ağaçları (özellikle rastgele ormanlar), çoklu regresyon, otoregresif hareketli ortalama modelleri (ARMA) ve spline regresyonu ile genetik algoritmalar (GA) da yaygın olarak kullanılmaktadır (Bibri 2024; Bibri vd. 2023; Nishant vd. 2020). Yaygın olarak kullanılan ML modelleri genellikle uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemleri (ANFIS) dahil olmak üzere YSA'yı birleştirir. Örneğin, YSA'lar ve ANFIS akarsu akışını tahmin etmek ve su kalitesi parametrelerini analiz etmek için kullanılabilir. Rashid ve Kumari (2023) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan'ın Jharkhand kentindeki Gadhra (DMA-5) su dağıtım şebekesinde hız ve basıncı tahmin etmek için bu iki teknik kullanılmıştır. Hızı tahmin etmek için debi ve çap bağımsız değişkenler olarak kullanılırken, basıncı tahmin etmek için yükseklik ve talep bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Veri kümesinin %80'i eğitim, test ve doğrulama için, %20'si ise değerlendirme için kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkileri keşfetmek için YSA-LM ile duyarlılık analizi yapılmıştır.

Sharma ve diğerleri (2024), rezervuar operasyonlarında, hidrolik yapı tasarımı ve taşkın ve kuraklık kontrolünde ihtiyaç duyulan doğru deşarj tahmini için gerekli olan aşama-deşarj ilişkisinin modellenmesine odaklanmıştır. Geleneksel bir aşama-deşarj derecelendirme eğrisi (SRC) yöntemini üç veri odaklı teknikle karşılaştırmıştır: YSA, ANFIS ve DVM. Sonuçlar, Gauss üyelik fonksiyonunu kullanan ANFIS modelinin SRC, ANN ve SVM modellerinden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Ürün yetiştirme, günlük yaşam ve sürdürülebilir büyüme için hassas yeraltı suyu seviyesi tahmininin önemi göz önüne alındığında, Jithendra ve Basha (2023), kaynakların tükenmesini önlemeye yardımcı olmak için YSA, ANFIS ve Geliştirilmiş Sürünge Arama Algoritmasını (IRSA) entegre eden hibrit teknikler kullanarak tahmin modelleri geliştirmiştir. IRSA, YSA ve ANFIS parametrelerini optimize etmek için kullanılmış ve tahmin modellerinin etkinliğini artırmıştır. Aynı veri setleri üzerinde YSA-IRSA, ANFIS-IRSA, geleneksel YSA ve ANFIS arasında yapılan karşılaştırmalar, ANFIS-IRSA modelinin en iyi performansı gösterdiğini ortaya koymuştur.

Yapay zeka teknolojisini kullanan modern bir yaklaşım olan uyarlanabilir akıllı dinamik su kaynakları planlaması, su verimliliğini artırmakta ve kentsel alanlarda su ortamını sürdürmektedir (Xiang vd., 2021). Liu ve arkadaşları (2019), güve alevi algoritmasına dinamik atalet ağırlıkları ekleyerek projeksiyon izleme su kalitesi değerlendirme modelinin kararlılığını ve güvenilirliğini geliştirmiş, böylece bölgesel su ortamı değerlendirme doğruluğunu artırmıştır. Afzaal ve diğerleri (2020), Kanada'nın Prens Edward Adası'ndaki iklim değişikliğinin dinamik girdilerini ele almak için RNN'leri ve LSTM'yi kullanmıştır. Pluchinotta ve diğerleri (2021) Ebbsfleet Garden City'de çeşitli sürdürülebilir kentsel su kaynakları yönetimi politikalarını araştırmak için bir sistem dinamikleri modeli kullanmıştır. Yazarlar, minimum veri ile kısa vadeli sulama suyu kullanımını tahmin etmek için dinamik bir YSA mimarisi, bir Bayesian çerçevesi ve bir GA'yı birleştiren yenilikçi bir teknik geliştirmiştir. Xiang ve diğerleri (2021), metropol alanlardaki su ortamını sürdürmek ve su kaynağı kullanımını geliştirmek için uyarlanabilir akıllı dinamik bir su kaynağı planlama sistemi sunmuştur. Yaklaşımları, bilgi dönüşüm sürecini yapay zeka modellemesi ile kolaylaştırarak kentsel su kaynaklarını etkin bir şekilde yönetmektedir.

Özetle, su kaynakları optimizasyonundaki yapay zeka uygulamaları, su kaynaklarının korunmasını ve verimli kullanımını önemli ölçüde geliştirmiştir. Bu teknolojiler, su talebini tahmin etmek için çeşitli kaynaklardan gelen verileri analiz etmektedir,

Sulama programlarını optimize etmek ve sızıntıları tespit etmek, böylece su kullanım verimliliğini artırmak ve sürdürülebilir yönetim sağlamak. YSA'lar, ANFIS ve YZ'yi optimizasyon algoritmalarıyla birleştiren hibrit teknikler gibi gelişmiş modeller, etkili su yönetimi için gerekli olan su dağıtım parametrelerini tahmin etmede ve ilişkileri modellemede üstün performans göstermiştir. Kentsel su planlaması ve kalite değerlendirmesindeki dinamik yaklaşımlar, YZ'nin sürdürülebilir su kaynakları yönetimi uygulamalarını teşvik etmedeki rolünü daha da vurgulamaktadır. Genel olarak, YZ'nin su kaynakları yönetimine entegrasyonu, su kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli kullanımını sağlamaya yönelik önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir.

4.3.3.2. Ormancılık ve Arazi Yönetimi

YZ teknolojileri ayrıca orman sağlığını izlemek, ormansızlaşmayı takip etmek ve arazi kullanımını yönetmek için ormancılık ve arazi yönetiminde de uygulanmaktadır. Yapay zeka algoritmalarıyla birleştirilen uzaktan algılama verileri, orman örtüsündeki değişiklikleri tespit edebilir, ormansızlaşma riski altındaki alanları belirleyebilir ve arazi kullanımındaki değişikliklerin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini değerlendirebilir. Bu bilgiler, sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının ve koruma stratejilerinin geliştirilmesini destekler.

Dominguez ve diğerleri (2022), Amazon yağmur ormanlarındaki artan ormansızlaşma ve ormansızlaşma oranlarını tahmin etmek için mekansal veri modellemesi için yoğun bir sinir ağı ve ormansızlaşmaya ilişkin zamansal veriler için bir LSTM kullanmıştır. Tahmin sonuçlarını karşılaştırarak ve modeli yeni verilerle sürekli olarak yeniden eğiterek, yazarlar gelecekteki orman kaybı oranlarını tahmin edebilmiş ve proaktif önlemlere olanak sağlamıştır. Yaklaşımları, Madagaskar ve Meksika'daki çalışma alanlarında doğrulanan ve tekniklerin güvenilirliğini gösteren ormansızlaşma risk haritalarını etkili bir şekilde üretmiştir. Tien Bui ve diğerleri (2017) orman yangınlarını modellemek için parçacık sürüsü optimizasyonu nöro-bulanık tekniklerini kullanarak parametre değerlerini optimize etmiş ve Vietnam'daki orman yangınlarının nedenlerini doğru bir şekilde tahmin etmiştir. Bu yaklaşım, RF ve SVM modelleriyle birlikte, orman yangınlarının nedenlerinin ve oluşumlarının tahmin doğruluğunu artırmaktadır.

Su koruma bölgelerindeki tropikal ormanların ekolojik değeri, zengin bitki örtüsü ve yüksek biyokütle yoğunluğu nedeniyle önemlidir. Ancak bu ormanların izlenmesi, yüksek orman yoğunluğu, karmaşık yapılar ve zor erişim gibi zorlukları beraberinde getirmektedir. Liu ve arkadaşları (2021), orman biyokütle dağılımını ve biyoçeşitliliğini doğru bir şekilde değerlendirmek için CNN yöntemleriyle birlikte gelişmiş İnsansız Hava Aracı-Hareketten Yapı (UAV-SfM) teknolojisini kullanarak bu zorlukların üstesinden gelmiştir. Bulgular, 0,61'lik bir genel sınıflandırma doğruluğu ve 0,59'luk bir Kappa katsayısına işaret etmektedir. Düzlem ve yükseklik ölçümleri için Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) sırasıyla 0,432 m ve 0,989 m olup bu tekniklerin üstün etkinliğini göstermektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, sürdürülebilir orman yönetim planları için gerekli verileri sağlayarak ve orman ekolojik çevre sürdürülebilirlik araştırmalarını destekleyerek hassas izleme ve değerlendirme sağlar.

Saputra ve Leef (2019), YSA tabanlı bir hüresel otomat (ANN-CA) modeli kullanarak Kuzey Sumatra, Endonezya'daki arazi kullanımı ve arazi örtüsü (LULC) değişikliklerini simüle etmiş ve tahmin etmiştir. Model, 1990 ve 2000 yılları arasında LULC değişiklikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için keşif verileri olarak beş kriteri (yükseklik, eğim, bakı, yoldan uzaklık ve toprak türü) kullanmaktadır. Sonuçlar rakım ve yola olan uzaklığın AKAKDO değişimleri üzerinde güçlü etkileri olduğunu göstermektedir. Model, 2050 ve 2070 yıllarında ekim alanlarının %4'ün üzerinde artacağını, orman ve ekin alanlarının ise 2050 yılına kadar sırasıyla yaklaşık %1,2 ve %1,6, 2070 yılına kadar ise %1,2 ve %1,7 oranında azalacağını öngörmektedir. Bu da ormanlardan ve ekili alanlardan plantasyonlara doğru bir kayma olduğunu göstermektedir. Çalışma, ANN-CA modelinin gelecekteki AKAKDO değişikliklerini güvenilir bir şekilde tahmin edebileceğini göstermektedir.

Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) tarafından gerçekleştirilen son yapay zeka girişimleri, açık, yüksek çözünürlüklü küresel uzaktan algılama veri setlerini ilk kez kullanıma sunmuştur. Bu haritalar, özellikle AB Ormansızlaşma Yönetmeliği (Avrupa Komisyonu 2023) gibi yeni getirilen ve izlenebilirlik için doğru orman takibi gerektiren ormansızlaşma düzenlemeleri kapsamında, dünya çapında ormanların izlenmesi ve korunması için değerli bir temel sağlamaktadır. Lang ve arkadaşları (2023), GEDI LiDAR verilerini Sentinel-2 optik görüntüleriyle birleştiren olasılıklı bir DL modeli kullanarak 10 m zemin örnekleme mesafesiyle küresel bir gölgelik yükseklik haritası oluşturmuştur. Bu yaklaşım, kanopi üstü yükseklik alımını iyileştirir, belirsizliği ölçer ve etkili karbon ve biyoçeşitlilik modellemesi için kritik olan yüksek karbon stoklarına sahip uzun kanopilerin haritalanmasını geliştirir. Bu haritaya göre, küresel kara kütlelerinin yalnızca %5'i 30 metreden uzun ağaçlarla kaplıdır ve bu uzun örtülerin yalnızca %34'ü koruma altındaki alanlarda yer almaktadır.

alanlar. Bu yaklaşım, devam eden orman koruma çabalarını destekleyebilir ve iklim, karbon ve biyoçeşitlilik modellemesindeki ilerlemeleri teşvik edebilir.

Bununla birlikte, özellikle doğrudan yerinde gözlem yoluyla toplanan yer referans verilerinin entegrasyonu yoluyla daha hassas yerel adaptasyon ve doğrulama ihtiyacı devam etmektedir. Bu yer referans verileri, uzaktan algılama verilerinin doğruluğunu ve uygunluğunu artırmak ve yerel koşulların ve toplum ihtiyaçlarının yeterince dikkate alınmasını sağlamak için çok önemlidir. Bu tür bir doğrulama, orman izleme ve koruma alanında mevcut yapay zeka yaklaşımlarının ve küresel haritaların geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için hayati önem taşımaktadır. Örneğin, kakao yetiştiriciliğinin orman kaybında önemli bir etken olduğu Fildişi Sahili ve Gana'da, bu tür verilerin entegre edilmesinin doğru haritalama ve tarımsal genişlemenin etkisinin anlaşılması için gerekli olduğu kanıtlanmıştır (Kalischek et al. 2023). Benzer şekilde, emtia kaynaklı ormansızlaşmanın karbon stoklarını ve biyoçeşitliliği etkilediği Güneydoğu Asya'da, GEDI LIDAR ve Sentinel-2 görüntülerinden kanopi yüksekliği tahmini için DL kullanan otomatik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Kanopi üst yüksekliğinin %86 doğrulukla yüksek çözünürlüklü haritalarını sağlayan bu yöntem, Yüksek Karbon Stoku ormanlarının ve bozulmuş alanların sınıflandırılması için gereklidir ve Endonezya, Malezya ve Filipinler için ilk yüksek karbon stoku haritasını üretmiştir (Lang ve ark., 2021). Bu yaklaşım, orman izleme ve korumada yapay zeka metodolojilerini ve küresel haritaları ilerletmek için kritik öneme sahiptir.

"Ormanların Korunması için Yapay Zeka: Endonezya ve Hindistan'da Yapay Zeka ile Oluşturulan Gösterge Niteliğindeki Yüksek Karbon Stoku (HCS) Haritaları" (FAIR Forward 2023) projesi, yapay zekanın uygulanması yoluyla çevre yönetimine yenilikçi bir yaklaşımı içermektedir. Bölgedeki iklim değişikliğini azaltma çabaları için gerekli olan HCS ormanlarının ayrıntılı haritalarını oluşturmak için yapay zekayı kullanmaktadır. Çeşitli orman alanlarını sınıflandırmak için uzaktan algılama teknolojilerini gelişmiş makine öğrenimi algoritmalarıyla birleştirerek etkili koruma stratejileri ve gelişmiş karbon muhasebesi uygulamaları sağlar.

Ormanların korunması için yapay zeka: Endonezya ve Hindistan'da Yapay Zeka ile Oluşturulan Gösterge Niteliğindeki Yüksek Karbon Stok Haritaları

Ülke:

Endonezya

Katılan Kuruluşlar: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GZ) - FAIR Forward, JKPP (Katılımcı Haritalama Ağı), ETH Zürich Ecovision Lab, Yüksek Karbon Stoku Yaklaşımı (HCSA) vakfı, Bappenas (Endonezya Ulusal Kalkınma Planlama Ajansı) dahil olmak üzere Endonezya devlet kurumları.

Kısa Açıklama

Endonezya'da FAIR Forward girişimi, JKPP (Katılımcı Haritalama Ağı), HCSA ve Bappenas ile işbirliği yaparak yüksek karbon stoklu (HCS) ormanların yapay zeka destekli, büyük ölçekli bir gösterge haritasını oluşturmuştur. Bu proje Sumatra, Kalimantan ve Batı Papua gibi kilit bölgelerde kapsamlı saha veri toplama çalışmalarını içermektedir (Şekil 3). Biyokütle verileri, doğru haritalamayı sağlamak için yerdeki orman arazilerinden ve doğrulama noktalarından toplanmaktadır. Proje, birincil ormanları, yenilenen ormanları ve karışık tarımsal ormancılık alanlarını içeren HCS alanlarını belirlemek ve sınıflandırmak için uzaktan algılama teknolojilerini ve makine öğrenimini kullanmaktadır. HCS yaklaşımı şu anda orman yangın haritaları ve doğru biyokütle haritaları oluşturmak için Goa hükümeti ile Hindistan'a ölçeklendiriliyor. Proje, toplum katılımı ve gönüllülük yoluyla erken orman yangını tespiti ve izlenmesi için açık kaynaklı yapay zeka tabanlı araçlar oluşturacaktır. Bu konunun küresel önemi göz önüne alındığında, açık araçlar potansiyel olarak küresel bir karbon stok haritası oluşturmak için uzaktan algılama ve makine öğrenimini kullanacaktır.



Şekil 3. Saha arsası veri toplama

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Adaptasyon Etkileri ve Sonuçları

Bu girişim aracılığıyla geliştirilen HCS haritaları, karbon muhasebesi ve koruma planlamasını geliştiren ayrıntılı karbon stok verileri sağlayarak Endonezya'nın iklim değişikliği azaltma stratejileri için çok önemlidir. Örneğin Kalimantan'da proje, geniş yüksek karbon stoklu orman alanlarını tanımlamak için saha çizim verilerinden ve uzaktan algılama teknolojilerinden yararlanmıştır. Bu yaklaşım sadece etkili koruma planlamasına yardımcı olmakla kalmıyor, aynı zamanda hem birincil hem de yenilenen ormanların korunmasına öncelik vererek iklim değişikliği azaltım stratejilerini güçlendiriyor.

Özgür, Önceden ve Bilgilendirilmiş Onayın (FPIC) yerel bilgiyle bütünleştirilmesi, yerel haklara saygı gösterilmesini ve koruma stratejilerinin yerel uzmanlıktan yararlanmasını sağlayarak koruma sürecini zenginleştirir. Bu yaklaşım, topluluklar ve koruma uzmanları arasında güven ve işbirliğini teşvik ederek daha sürdürülebilir ve kültürel açıdan daha duyarlı sonuçlar elde edilmesini sağlar.

Ayrıca, bu veri setlerinin açık erişimli olması küresel araştırmaları kolaylaştırmakta ve uluslararası işbirliğini teşvik etmektedir. Girişim, verileri kamunun kullanımına sunarak orman dinamiklerinin ve iklim değişikliğinin etkilerinin daha iyi anlaşılmasını desteklemektedir. Ulusal ve bölgesel kurumlarla işbirliği, bu verilerin Endonezya'nın yeni orman koruma politikası da dahil olmak üzere arazi kullanımı planlama çerçevelerine etkin bir şekilde dahil edilmesini sağlar. Bu politika, sürdürülebilir arazi kullanımı ve orman korumasına rehberlik etmek için HCS haritalarının kullanıyor ve projenin iklim direnci ve orman koruma için ulusal stratejileri şekillendirmedeki etkisini gösteriyor.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

Proje birkaç temel zorlukla karşılaştı: Farklı peyzajlarda veri doğruluğunun sağlanması, özel yaklaşımlar ve kapsamlı saha doğrulaması gerektirdi ve peyzaja özgü sorunları ele almak için yerel uzmanlarla işbirliği ihtiyacını vurguladı. Geleneksel bilginin gelişmiş biyokütle verileriyle bütünleştirilmesi, orman ekosistemlerinin bağlamsal olarak anlaşılmasını zenginleştirmek için yerel toplulukların katılımının önemini vurgulayarak çok önemli ancak zorlayıcı olmuştur. Özgür, Önceden ve Bilgilendirilmiş Onayın (FPIC) karmaşıklıklarının üstesinden gelmek ve yerel topluluklarla veri paylaşımını yönetmek, çeşitli kültürel, yasal ve etik hususların ele alınmasını gerektirmiştir. Bu durum, güven oluşturmak ve etik veri kullanımını sağlamak için sağlam bir FPIC sürecinin, sürekli topluluk katılımının ve şeffaf veri yönetişiminin gerekliliğini ortaya koymuştur. Yerel ortaklarla koordinasyon ve uzak bölgelerdeki faaliyetlerin yönetilmesi de dahil olmak üzere saha veri toplamada karşılaşılan lojistik zorluklar, dikkatli planlama ve güçlü ortaklıkların önemini vurgulamıştır. Ayrıca, CBS ve makine öğrenimi gibi gelişmiş teknolojilerin uygulanması, yerel paydaşlar arasında önemli ölçüde kapasite geliştirilmesini gerektirmiş, bu da etkili teknoloji kullanımı için eğitim ve desteğin çok önemli olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak proje, etik ve etkili veri uygulamaları sağlarken teknolojiyi yerel bilgi ile bütünleştiren işbirlikçi bir yaklaşıma duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Yapay zeka teknolojilerinin orman sağlığı, ormansızlaşma ve arazi kullanımı değişikliklerinin hassas bir şekilde izlenmesini ve değerlendirilmesini sağlayarak ormancılık ve arazi yönetiminde çok değerli olduğu kanıtlanmıştır. Uzaktan algılamanın entegrasyonu sayesinde

veriler ve gelişmiş yapay zeka algoritmaları sayesinde orman örtüsündeki değişiklikleri tespit etmek, ormansızlaşma riski altındaki alanları belirlemek ve arazi kullanımındaki değişikliklerin biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek mümkündür. Bu bilgiler, sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının ve koruma stratejilerinin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Ormansızlaşma oranlarını tahmin etmek, orman yangınlarını modellemek, orman biyokütlesini değerlendirmek ve arazi kullanım değişikliklerini tahmin etmek için yapay zeka odaklı yaklaşımlar, tahmin doğruluğunu artırır ve proaktif önlemler için gerekli verileri sağlayarak sürdürülebilir orman yönetimini ve ekolojik ortamların korunmasını destekler.

4.4. Enerji Yönetimi

Enerji yönetimi, enerjinin üretimi, işletimi, dağıtımı, iletimi ve tüketiminin optimize edilmesinin sera gazı (GHG) emisyonlarında önemli azalmalara yol açabileceği iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir bileşendir. Yapay zeka, verimliliği artırarak, yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaştırılmasını sağlayarak ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik ederek bu sektörde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve son kullanıcılarının her birinin karbondan arındırılmasına katkısının artırılması, iklim değişikliğiyle mücadele etmek veya hafifletmek için çok önemli stratejilerdir.

4.4.1. Enerji Yönetiminde Yapay Zeka Müdahaleleri

YZ, çeşitli seviyelerde enerji verimliliğini optimize etmek için gelişmiş araçlar sağlayarak enerji yönetimini dönüştürmüştür. YZ'nin enerji verimliliği optimizasyonundaki rolü, iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına (Chen ve ark. 2023) ve çevresel sürdürülebilirliğin zorluklarının hafifletilmesine (Bibri 2024) katkıda bulunma konusunda önemli bir potansiyel göstermiştir.

Sinir ağları ve makine öğrenimi gibi yapay zeka algoritmaları, akıllı şebekelerden gelen büyük miktarda veriyi analiz etmek için kullanılır ve enerji verimliliğini artıran gerçek zamanlı ayarlamalara izin verir (Farghali ve ark. 2023). Tahmine dayalı analitik, enerji talebinin tahmin edilmesine, israfın azaltılmasına ve arz ile talebin dinamik olarak dengelenmesine yardımcı olmaktadır. İklim değişikliği sorunları yoğunlaştıkça, YZ bu zorlukları hafifletmek için kilit çözümlerden biri olarak giderek daha fazla kabul görmektedir. YZ, IoT ve yenilenebilir enerji sistemleriyle sorunsuz bir şekilde entegre olabilir, enerji arzını artırabilir, karar vermeyi optimize edebilir ve otonom kontrolü mümkün kılarak enerji sektöründe önemli bir itici güç olarak hareket edebilir (Bibri 2024; Rane et al. 2024). Gerçekten de YZ, enerji verimliliğini artırmak ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için yeni fırsatlar sunarak enerji sektöründe giderek daha güçlü bir araç haline gelmiştir (Baysan vd. 2019; Farghali vd. 2023).

YZ, kayıpları azaltmak için şebeke planlamasını optimize ederek enerjinin dağıtımını ve iletimini geliştirir. YZ teknikleri, enerji talebi ve arzındaki değişikliklere gerçek zamanlı olarak uyum sağlayan, verimli enerji dağıtımını sağlayan ve iletim kayıplarını en aza indiren akıllı şebeke sistemleri geliştirmek için uygulanabilir. Enerji sektöründe, YZ'nin entegrasyonu, enerji talebini tahmin ederek, üretim ve tüketimi optimize ederek ve akıllı kontrol sistemlerini etkinleştirerek enerji kullanım verimliliğini önemli ölçüde artırabilir (Chen ve ark. 2023; Shoaie ve ark. 2024). Bu gelişmeler enerji maliyetlerinin düşmesine, çevre kirliliğinin azalmasına ve sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilmesine yol açmaktadır (Ahmed ve ark. 2021; Khalilpourazari ve ark. 2021; Lee ve Yoo 2021). Örneğin, akıllı sayaçlar ve ev otomasyon sistemlerindeki yapay zeka uygulamaları, tüketicilere enerji kullanım alışkanlıkları hakkında içgörü sağlayarak tüketimi azaltmalarına ve enerji faturalarını düşürmelerine yardımcı olmaktadır. YZ güdümlü talep yanıt sistemleri, yoğun zamanlarda güç kullanımını değiştirebilir veya azaltabilir, böylece talep eğrisini düzleştirebilir ve şebeke üzerindeki yükü önleyebilir. Ayrıca yapay zeka, şebeke elemanları ve üretim tesisleri için bakım ihtiyaçlarının erken belirlenmesini sağlayabilir ve optimize edilmiş önleyici bakım yol haritaları önererek ekipmanın arıza süresini azaltabilir ve güvenilirliği destekleyebilir.

Ayrıca, Ding ve arkadaşları (2024), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki orta ölçekli ofis binalarında enerji verimliliğini artırmak ve karbon emisyonlarını azaltmak için yapay zekanın potansiyelini araştırmıştır. Ekipman, doluluk etkisi, kontrol ve işletme ile tasarım ve inşaat odaklanarak emisyon azaltımlarını değerlendirmek için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Farklı iklim bölgelerinde altı senaryoyu değerlendiren araştırmacılar, YZ'nin 2050 yılına kadar enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını %8 ila %19 oranında azaltabileceğini tespit etti. Dahası, YZ maliyet primlerini düşürebilir, yüksek enerji verimliliği ve net sıfır binaların benimsenmesini artırabilir. YZ, destekleyici enerji politikaları ve düşük karbonlu enerji üretimi ile birleştirildiğinde, 2050 yılına kadar olağan senaryolara kıyasla enerji tüketiminde %40'lık bir azalma ve karbon emisyonlarında %90'lık bir azalma sağlayabilir. Bu çalışma, YZ'nin ticari binalardaki enerji verimliliği ve karbon emisyonu azaltımlarını dönüştürme konusundaki önemli potansiyelini vurgulamaktadır.

YZ ve AIoT, enerji verimliliğini artırmak, enerji yönetim sistemlerini optimize etmek ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini (SKH'ler), özellikle de SKH 7 ve dolayısıyla SKH 13'ü desteklemek için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Tablo 2'de incelenen çalışmalar, ampirik çalışmalar, deneysel çalışmalar, vaka çalışmaları ve incelemeler bu uygulamalara odaklanmakta, temalarını, hedeflerini, uygulanan YZ veya AIoT tekniklerini, uygulama alanlarını ve temel bulgularını detaylandırmaktadır. Tablo 3, enerji zorluklarının üstesinden gelmek ve enerji yönetimi uygulamalarını dönüştürmek için YZ ve AIoT'den yararlanılan çeşitli yollara ilişkin içgörüler sunan kapsamlı bir genel bakış ve karşılaştırmalı analiz sunmaktadır.

Araştırma Açıklaması	Hedefler	AI veya AIoT Teknikleri	Uygulama Alanları	Temel Bulgular	Referanslar
Akıllı güç sistemi geçici kararlılığında yapay zeka	Akıllı güç şebekelerindeki geçici kararlılık sorunlarının ele alınmasında yapay zeka uygulamalarını gözden geçirmek.	Makine Öğrenimi, DL, Büyük Veri	Akıllı güç şebekeleri	Yapay zeka, akıllı şebekelerde geçici kararlılık değerlendirmesini ve kontrolünü geliştirerek güvenilirliği ve verimliliği artırır.	Guo ve diğerleri (2023)
Enerji sektöründe yapay zeka ve dijital teknolojiler	Enerji sektöründe yapay zeka ve dijital teknolojilerin benimsenmesini ve etkisini analiz etmek.	Yapay Zeka, Büyük Veri, IoT, Robotik, Blockchain	Enerji sektörü	Yapay zeka iş becerilerini, firma performansını ve enerji sektörü inovasyonunu geliştirir.	Lyu ve Liu (2021)
Enerji verimliliği için IoT ve yapay zeka	Yapay zeka ve IoT kullanarak merkezi enerji verimliliği için bir sistem mimarisi geliştirmek.	IoT, Makine Öğrenimi	Enerji yönetim sistemleri	Yapay zeka ve IoT, enerji yönetiminde ölçeklenebilirliği, otomasyonu ve verimliliği artırarak akıllı endüstri ve Evler.	Tomazzoli ve diğerleri (2020)
Enerji yönetimi için akıllı binalarda yapay zeka	Enerji verimliliğini artırmak için akıllı binalardaki yapay zeka uygulamalarını incelemek.	YSA, Makine Öğrenmesi, Büyük Veri	Akıllı binalar	Yapay zeka, akıllı binalarda enerji tüketimini azaltır, kontrolü, güvenilirliği ve otomasyonu geliştirir verimlilik.	Farzaneh ve diğerleri (2021)
Binalarda termal konfor tahmini ve kontrolü için yapay zeka	Binalarda termal konfor ve enerji kullanımını optimize etmek için yapay zeka yöntemlerini değerlendirmek.	ML	Bina enerji yönetimi	Yapay zeka, bina sakinlerinin termal konforunu korurken enerji kullanımını optimize eder ve binalarda enerji verimliliğini artırır.	Ngarambe ve diğerleri (2020)

Termal enerji depolama sistemlerinin tahmininde, optimizasyonunda ve kontrolünde yapay zeka	Termal enerji depolama sistemlerinin optimizasyonunda yapay zeka tekniklerini değerlendirmek.	Parçacık Sürü Optimizasyonu PSO, YSA, DVM, ANFIS	Termal enerji depolama	Yapay zeka, termal enerji depolama sistemlerinin tasarımını ve performansını önemli ölçüde doğruluk göstererek geliştirir.	Olabi ve diğerleri (2023)
Tarım ve enerji sektörlerinde makine öğrenimi tekniklerinin uygulanabilirliği	Makine öğrenimi tekniklerinin akıllı tarım ve enerji üretiminde uygulanabilirliğini araştırmak.	Makine öğrenimi algoritmaları	Tarım, enerji	Makine öğrenimi, akıllı tarım ve enerji üretiminde tahmine dayalı doğruluğu ve verimliliği artırarak temel zorlukları ele alır.	Arumugam ve diğerleri (2022)
Gelişmekte olan pazarlarda enerji tüketimi ve üretimi için yapay zeka ve makine öğrenimi	Gelişmekte olan pazarlarda enerji tüketimini ve üretimini optimize etmede yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamalarını gözden geçirmek.	YAPAY ZEKA, MAKINE ÖĞRENİMİ	Gelişmekte olan enerji piyasaları	Yapay zeka ve makine öğrenimi, gelişmekte olan ülkelerdeki sorunları ele alarak enerji tüketimini, üretimi ve şebeke yönetimini optimize eder.	Mhlanga (2023)

Tablo 2: Enerji yönetiminde Yapay Zeka ve Nesnelerin Yapay Zekası uygulamaları

Enerji tüketimini azaltmak, çevresel etkileri azaltmak ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için artan ihtiyaç nedeniyle enerji verimliliğinde YZ'nin benimsenmesinin artması beklenirken (Bibri ve ark. 2024b; Chen ve ark. 2023), YZ teknolojisinin yüksek maliyeti büyük bir engel olmaya devam etmektedir, çünkü YZ tabanlı sistemlerin geliştirilmesi ve kullanılması, belirli kuruluşların finansal yeteneklerini aşabilecek önemli yatırımlar gerektirmektedir (Enholt ve ark., 2022; Yang, 2022; Zhao ve ark., 2022; Ahmed ve ark., 2022).

Bununla birlikte, yapay zeka enerji yönetiminde ilgili bir araç olduğunu kanıtlamaya başlamakta ve enerji üretimi, dağıtımı, iletimi ve tüketiminin verimliliğine hayati bir katkı sağlamaktadır. Enerji yönetiminde YZ ve IoT'nin entegrasyonu veya AIoT kullanımı, enerji sistemlerinin optimize edilmesinde ve SKH'lere katkıda bulunmada önemli bir potansiyel olduğunu göstermiştir. İncelenen çalışmalar, yapay zekanın çeşitli enerji alanlarındaki farklı uygulamalarını göstermektedir. Bulgular, günümüz enerji sorunlarının ele alınmasında, maliyetlerin düşürülmesinde ve enerji sistemlerinin güvenilirliğinin ve sürdürülebilirliğinin iyileştirilmesinde YZ ve AIoT'nin öneminin altını çizmektedir. Bu gelişmiş teknolojiler gelişmeye devam ettikçe, enerji yönetimindeki rollerinin genişlemesi ve sürdürülebilir bir enerji geleceği arayışında daha fazla ilerleme kaydetmeleri beklenmektedir.

4.4.2. Yenilenebilir Enerji Teknolojilerinin Verimli Kullanımı ve Yayılımı için Yapay Zeka

Yapay zeka ve makine öğrenimi; verimliliği, güvenilirliği ve sürdürülebilirliği önemli ölçüde artırarak yenilenebilir enerji stratejilerini dönüştürüyor. Ayrıca, küresel olarak yenilenebilir enerji kullanımındaki hızlı artış, enerji sektörünü ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'ler) ile uyumunu önemli ölçüde etkilemiştir. Yapay zeka ve makine öğrenimi, yenilenebilir enerji sistemlerinin işleyişini ve verimliliğini optimize etmede, güvenlik ve güvenilirliklerini artırmada ve böylece SKH'lere katkıda bulunmada önemli bir rol oynamaya çağrılmaktadır. Hannan ve diğerleri (2021), küresel enerji karışımında yenilenebilir enerjinin artan kullanımını ve bunun SKH'lere ulaşma üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve yenilenebilir enerjinin SKH'lere ulaşmaya katkısını artırmada YZ'nin ortaya çıkan rolünü değerlendirmiştir. Bulgular, yenilenebilir enerjinin çevresel, toplumsal ve ekonomik sütunlar olarak kategorize edilen 17 SKH'de 75 hedefe ulaşılmasını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca 27 hedef üzerindeki potansiyel olumsuz etkilerin de altı çizilmiştir. Bununla birlikte, YZ, 169 SKH hedefinden 42'sine ulaşılmasını kolaylaştırmada kritik bir kolaylaştırıcı ve destekleyici araç olarak kabul edilmekte ve bu büyümeyi desteklemek için düzenleyici ve teknolojik ilerlemelere duyulan ihtiyaç vurgulanmaktadır. YZ, yenilenebilir enerji kullanımındaki önemli artışta ve yenilenebilir enerji sektörünü dönüştürme potansiyeline sahip enerji karışımına entegrasyonunda kilit bir rol oynamaktadır (Rane vd. 2024; Vinuesa vd. 2020).

YZ ve AIoT'nin yenilenebilir enerji teknolojilerine entegrasyonu, bunların verimli kullanımı ve yaygın olarak benimsenmesi için kilit öneme sahiptir. YZ modelleri, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının çıktısını doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılır (El-Abbadi ve Elyoubi 2023; Rane ve ark. 2024), böylece enerji üretimini artırır ve iletim ve dağıtım tıkanıklıklarını ele alır. Doğru tahmin, güç sistemindeki dönen rezerv ihtiyaçlarını azaltarak ve yedek üretim bağlantısını tam zamanında optimize ederek, istikrarlı bir tedarik sağlayarak ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak yenilenebilir enerjinin şebekeye daha etkili bir şekilde entegre edilmesine yardımcı olur. AIoT, parametreleri gerçek zamanlı olarak ayarlayarak yenilenebilir enerji sistemlerinin performansını optimize eder. Örneğin, yenilenebilir jeneratörlerden gelen reaktif güç katkısı, daha fazla ekipman veya yenilenemeyen jeneratörlerin katkısı olmadan uygun voltaj seviyelerini garanti etmek için tüketim modellerini tahmin edebilir.

Ayrıca yapay zeka, enerji talebini tahmin ederek ve şarj-deşarj döngülerini optimize ederek enerji depolama sistemlerinin verimliliğini artırmaktadır (Banu vd. 2022; Jin vd. 2022; Olabi vd. 2023; Rane vd. 2024). Bu, yenilenebilir enerjinin yenilenebilir enerji fazlası anlarında depolanmasını ve ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir hale getirilmesini sağlar, böylece yenilenebilir kaynaklarla ilişkili kesinti sorununu azaltır. Bu, depolama ve yenilenebilir enerji sağlayıcılarına pazar fırsatlarını genişletirken, son tüketici için enerji fiyatlarının düşmesine neden olur. Ayrıca yapay zeka, yenilenebilir enerjinin mevcut elektrik şebekelerine sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini kolaylaştırır. Yenilenebilir kaynakların değişkenliğini sürekli olarak denetler ve gerçek zamanlı olarak önleyici tedbirler önerir, böylece şebeke istikrarını teşvik eder (Farh ve ark. 2022). Ayrıca, Rane ve diğerleri (2024), YZ ve makine öğreniminin gelişmiş analitik ve öngörücü bakım yoluyla maliyetleri düşürmede çok önemli olduğu, optimum enerji dağıtımını sağlamak ve israfı en aza indirmek için gerçek zamanlı karar verme ve uyarlanabilir kontrolü desteklediği ve süreçleri optimize ederek ve emisyonları azaltarak yenilenebilir enerjinin çevresel etkisini azaltmaya yardımcı olduğu sonucuna varmıştır.

Buna ek olarak, AIoT'nin yenilenebilir enerji sektörüne entegrasyonu, sürdürülebilir enerjinin nasıl üretildiği, yönetildiği ve optimize edildiği konusunda önemli gelişmelere yol açmakta ve böylece sürdürülebilir enerji çözümlerini ilerletmek için giderek daha önemli hale gelmektedir. Rane ve diğerleri (2024) yenilenebilir enerji uygulamalarında yapay zeka, IoT ve uç bilişim arasındaki sinerjiyi araştırmıştır. IoT cihazları gerçek zamanlı veri toplamayı kolaylaştırır ve bu da yapay zeka ve makine öğrenimi ile birleştirildiğinde sistemin yanıt verebilirliğini ve verimliliğini artırır. Veri bağlantıları ve IoT sensörleri, dağıtılmış enerji kaynaklarının (DER'ler) ayrılmaz bir parçasıdır ve sistem verimliliğini artıracak ve AI sayesinde basit izlemenin ötesinde değer katabilecek kapsamlı veriler üretir (El Himer ve ark. 2022). Yapay zekayı IoT ile entegre ederek, enerji sektöründe performansı optimize etmek ve ek faydalar yaratmak için yeni fırsatlar ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3'te incelenen çalışmalar, ampirik çalışmalar, deneysel çalışmalar, vaka çalışmaları ve incelemeler, yenilenebilir enerjide YZ uygulamalarına odaklanmakta, temalarını, hedeflerini, uygulanan YZ veya AIoT tekniklerini, uygulama alanlarını ve temel bulgularını incelemektedir. Bu çalışmalar, enerji üretim tahmini ve depolama optimizasyonundan yenilenebilir kaynakların elektrik şebekelerine entegrasyonuna kadar çeşitli yönleri kapsamaktadır. Tablo 3, yenilenebilir enerji sistemlerinin verimliliğini, optimizasyonunu ve güvenilirliğini artırmada YZ ve AIoT'nin etkisini ve potansiyelini anlamak için ayrıntılı bir genel bakış ve karşılaştırmalı analiz sunmaktadır. Tablo 2'de olduğu gibi, sonuçların netlik ve kısalığı korumak için çalışma başına yalnızca temel bulguları içerdiğine dikkat etmek önemlidir. Birincil temel bulguların özetlenmesi, her bir çalışmanın en önemli katkılarının damıtılmasına yardımcı olarak her bir araştırma çalışmasının temel içgörülerinin hızlı bir şekilde kavranmasını kolaylaştırmaktadır. Bu tablo formatının ötesinde sonuçların ayrıntılı bir açıklaması için, ilgilenen okuyucu sentezlenmiş çalışmalara yönlendirilebilir.

Araştırma Açıklaması (Tema)	Hedefler	AI/AIoT Teknikleri	Uygulama Alanları	Temel Bulgular	Alıntılar
Hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinde (HRESs) yapay zeka ve sayısal modeller	Yakıt hücreleri ile entegre HRES'lerin optimizasyonunda yapay zeka uygulamalarını gözden geçirmek.	GA, PSO, Benzetilmiş Tavlama, RF, k- NN, DVM, YSA	Güneş fotovoltaik, rüzgar enerjisi, yakıt hücreleri	Yapay zeka tabanlı modelleme, maksimum güç üretimi için koşulları belirler ve beklenmedik yük zirveleri sırasında oluşabilecek dezavantajları öngörür.	Al-Othman ve diğerleri (2022)
FV sistemler için maksimum güç noktası takibinde biyo-esinlenmiş algoritmalar	Kısmi yük altında FV sistemlerde maksimum güç noktası takibi için biyo-esinli algoritmaları gözden geçirmek Gölgeleme.	YSA, FL Kontrol, Biyo-esinlenmiş algoritmalar	Fotovoltaik sistemler	Biyo-esinlenmiş algoritmalar, küresel maksimum güç noktasını etkili bir şekilde takip ederek geleneksel yöntemlerden daha iyi performans gösterir. Kısmi gölgeleme.	Guiqiang ve diğerleri (2018)
Yeşil enerji kullanımı için yapay zeka tabanlı güneş radyasyonu tahmin modeli	Doğru güneş radyasyonu tahmini için yapay zeka tabanlı modeller geliştirmek.	YSA, DVM, RF	Güneş enerjisi sistemleri	Yapay zeka modelleri, özellikle YSA, güneş radyasyonunu tahmin etmede, enerji yönetimini ve planlamasını iyileştirmede üstün performans göstermektedir.	Alassery ve diğerleri (2022)
Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu için yapay zeka desteği	Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyon maliyetlerinin yönetilmesinde yapay zekanın potansiyelini değerlendirmek enerji kaynakları.	Yapay zeka, Veri yoğun teknolojiler	Değişken yenilenebilir enerji kaynakları	Yapay zeka, VRE'lerin entegrasyon maliyetlerini azaltarak sistem değerini ve verimliliğini artırır.	Boza ve Evgeniou (2021)
Karbon nötrlüğü için büyük ölçekli yenilenebilir entegrasyonları	Büyük ölçekli yenilenebilir enerji entegrasyonları ve karbon nötr geçiş için yapay zeka tekniklerini analiz etmek.	Yapay zeka teknikleri	Çoklu enerji sistemleri, yenilenebilir enerji	Yapay zeka, büyük ölçekli yenilenebilir enerji entegrasyonlarının operasyonel kontrolünü ve etkinliğini optimize ederek karbon nötrlüğüne yardımcı olur.	Liu ve diğerleri (2022)
Yüksek sıcaklık rezervuarlı termal enerji depolama için makine öğrenimi	ML kullanarak yüksek sıcaklık rezervuarlı termal enerji depolamayı optimize etmek.	ANN, GA	Termal enerji depolama	Makine öğrenimi teknikleri, HT-RTES saha seçimini ve performansını optimize ederek yenilenebilir enerji depolamaya yardımcı olur.	Jin ve diğerleri (2022)
Yenilenebilir enerji sistemleri için AIoT	Yenilenebilir enerji sistemlerinin geliştirilmesinde AIoT uygulamalarını keşfetmek.	AIoT	Güneş, rüzgar enerji sistemleri	AIoT yenilenebilir enerji sistemlerinin verimliliğini ve performansını artırıyor gelişmiş veri kullanımı yoluyla.	El Himer ve diğerleri. (2022)
Yenilenebilir enerji sistemlerinin kestirimci bakımı için yapay zeka	Yapay zeka destekli kestirimci bakımı değerlendirmek için yenilenebilir enerji sistemleri.	Yapay zeka teknikleri	Rüzgar çiftlikleri	Yapay zeka yardımı, rüzgar santrallerinde bakım verimliliğini ve arıza tespitini önemli ölçüde artırır.	Shin ve diğerleri (2021)
Yenilenebilir enerji üretimi için hibrit yapay zeka ve IoT modeli	Yapay zeka kullanarak yenilenebilir enerji üretimi için IoT tabanlı bir sistem geliştirmek modeller.	YSA, Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)	Evsel, endüstriyel enerji sistemleri	YZ modelleri yenilenebilir enerji üretim verimliliğini artırıyor, YSA daha iyi performans gösteriyor ANFIS.	Puri ve diğerleri (2019)

Güneş radyasyonu tahmini için yapay zeka yöntemlerinin karşılaştırılması	Günlük küresel güneş radyasyonunu tahmin etmek için çeşitli yapay zeka yöntemlerini karşılaştırmak.	Grup Veri İşleme Yöntemi (GMDH), Çok Katmanlı İleri Beslemeli Sinir Ağı (MLFFNN), ANFIS, ANFIS-PSO, ANFIS-GA, ANFIS- ACO	Güneş enerjisi sistemleri	GMDH modeli, küresel yatay ışınlımı tahmin etmede diğer modellerden daha iyi performans göstermektedir.	Khosravi ve diğerleri (2018)
Termal enerji depolama sistemlerini optimize etmek için yapay zeka	Termal enerji depolama sistemlerinin optimizasyonunda yapay zeka uygulamalarını keşfetmek.	PSO, ANN, SVM, ANFIS	Termal enerji depolama sistemleri	Yapay zeka teknikleri, termal enerji depolamanın performansını optimize eder, tahmin eder ve kontrol eder, verimliliği ve güvenilirliği artırır.	Olabi ve diğerleri (2023)
Yenilenebilir enerji sistemlerinde yapay zeka	Yenilenebilir enerji sistemlerindeki yapay zeka uygulamalarını gözden geçirmek.	YSA, LSTM, RNN'ler, CNN'ler, GA, PSO	Yenilenebilir enerji sistemleri	Yapay zeka ve makine öğrenimi teknikleri, yenilenebilir enerji sistemlerinin modellenmesini ve optimizasyonunu önemli ölçüde geliştirmektedir.	Shoaei ve diğerleri (2024)
Hibrit yenilenebilir enerji kaynaklarında enerji depolama için yapay zeka	Hibrit yenilenebilir enerji kaynaklarında enerji depolama sistemlerini optimize etmek.	Dikkat Tabanlı Çift Yönlü Uzun Kısa Dönem Bellek (BiLSTM), Coyote Optimizasyonu Algoritma (COA)	Hibrit yenilenebilir enerji kaynakları	Önerilen yapay zeka tekniği, hibrit yenilenebilir enerji için ESS'yi optimize etmekte ve son yöntemlerden daha iyi performans göstermektedir.	Banu ve diğerleri (2022)
Yenilenebilir enerji üretim tahmini için uyarlanabilir yapay sinir ağı	Yenilenebilir enerji tahmini için yeni bir uyarlanabilir sinir ağı önermek.	Mod Uyarlamalı Yapay Sinir Ağı (MAANN), Gelişmiş Parçacık Sürü Optimizasyonu (APSO), Jaya Algoritma, İnce Ayar Metasezgisel Algoritma (FTMA)	Güneş ve rüzgar enerjisi sistemleri	Önerilen algoritma, geleneksel yöntemlere kıyasla tahmin hatalarını önemli ölçüde azaltmaktadır.	Zamee ve Won (2020)
Şebeke dışı hibrit yenilenebilir enerji sistemi optimizasyonunda yapay zeka	Şebekeden bağımsız hibrit yenilenebilir enerji sistemleri için en uygun tasarımı bulmak.	Bonobo Optimizer (BO), Big-Bang-Big-Crunch (BBBC), Karga Arama (CS), Genetik Algoritma (GA), Kelebek Optimizasyon Algoritması (BOA)	Şebekeden bağımsız hibrit yenilenebilir enerji sistemleri	BO tekniği, en düşük yıllık sistem maliyeti ve hızlı yakınsama ile optimum çözümler elde etmiştir.	Farh ve diğerleri (2022)
Yenilenebilir enerji kesintilerini yönetmek için yapay zeka	Yapay zeka kullanarak yenilenebilir enerji kesintilerini en aza indirmek.	DL, Geçitli Tekrarlayan Birim (GRU)	Rüzgar ve güneş enerjisi sistemleri	Yapay zeka yöntemleri kesintileri önemli ölçüde azaltmakta, AWE'ler maliyet ve operasyonel verimlilik açısından BESS'lerden daha iyi performans göstermektedir.	Shams ve diğerleri (2021)
Hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin optimum boyutlandırılması	Yapay zeka kullanarak hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin optimum boyutlandırılmasını önermek.	GA, ABC	PV/batarya ve PV/rüzgar türbini/batarya sistemleri	Sezgisel algoritmalar, HRES'ler için en uygun çözümleri bulmada deterministik algoritmalarından daha iyi performans gösterir.	Demolli ve diğerleri (2021)
Yenilenebilir enerji dönüşüm ve depolama performansını iyileştirmek için yapay zeka	Yapay zeka kullanarak güneş enerjili su ısıtıcılarının performansını artırmak.	ANN	Güneş enerjili su ısıtıcılar	YSA, PV ile çalışan güneş enerjili su ısıtıcılarının performansını optimize ederek verimliliği ve güvenilirliği artırır.	Asiri ve ark. (2022)

Yenilenebilir enerjide yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamalarının kapsamlı analizi ve sentezi.	Verimlilik, güvenilirlik ve sürdürülebilirlik için yenilenebilir enerjide yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamalarını inceleyin.	AI, ML, IoT, Blockchain ve Edge Computing	Yenilenebilir enerji tahmini, akıllı şebekeler, enerji yönetimi, enerji depolama sistemleri	Yapay zeka ve makine öğrenimi, hassas tahmin, optimize edilmiş enerji üretimi ve dağıtımı ve öngörücü bakım yoluyla yenilenebilir enerji sistemlerinde verimliliği, güvenilirliği ve sürdürülebilirliği artırır.	Rane ve diğerleri (2024)
---	---	---	---	--	--------------------------

Tablo 3: Yenilenebilir Enerji Alanında Yapay Zeka ve Nesnelerin Yapay Zekası Uygulamaları

İncelenen çalışmalar, rüzgar çiftliklerinde öngörücü bakımdan termal enerji depolamayı optimize etmeye ve büyük ölçekli yenilenebilir enerji sistemlerini entegre etmeye kadar çeşitli yapay zeka ve yapay zeka uygulamalarını vurgulamaktadır. Bulgular, günümüz enerji sorunlarının ele alınmasında ve sürdürülebilir bir enerji geleceğine doğru ilerlemede YZ'nin kritik rolünün altını çizmektedir. Yapay zeka ve AIoT teknolojileri gelişmeye devam ettikçe, yenilenebilir enerjideki uygulamalarının genişlemesi ve yenilenebilir enerji sektöründe daha fazla ilerleme sağlaması beklenmektedir.

YZ'nin termal konfor tahmini ve kontrolü, arıza tespiti ve teşhisi, enerji depolama optimizasyonu ve talep yanıtı gibi alanlarda uygulanması, enerji verimliliğini artırma, israfı azaltma ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etme konusunda umut verici sonuçlar göstermiştir (Chopra vd., 2022; Fang vd., 2023; Rane vd. 2024), etkinliği büyük ölçüde girdi verilerinin doğruluğuna ve YZ algoritmalarının uygun seçimine dayanan devam eden bir süreçtir (Arumugam vd., 2022; Ouadah vd., 2022). Dahası, erişilebilir veri ve yetenekli YZ uzmanlarının eksikliği, enerji verimliliğinde yaygın olarak uygulanmasının önünde önemli bir engel teşkil etmektedir (Chai vd., 2022).

AI ve AIoT'nin enerji sistemlerine entegrasyonu, enerji tasarrufunu artırma, yenilenebilir enerji dağıtımını ve üretimini optimize etme ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleme, yenilenebilir enerji teknolojilerini tam bir enerji geçişine doğru daha geniş çapta uygun ve güvenilir hale getirme konusunda önemli bir potansiyel göstermiştir. Küresel enerji ortamı gelişmeye devam ettikçe, yapay zeka ve yapay zekanın yenilenebilir enerji sistemlerine entegrasyonu, enerji sürdürülebilirliğinin sağlanması ve iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasında çok önemli olacaktır. AI ve AIoT odaklı çözümlerin sürekli inovasyonu ve uygulanması, daha esnek ve sürdürülebilir bir enerji geleceğinin önünü açabilir.

4.5. Nakliye Yönetimi

Küresel nüfus kentleşmeye devam ettikçe ve endüstriyel faaliyetler genişledikçe, ulaşım sistemlerinin verimliliği giderek daha kritik hale gelmektedir. Yapay zeka, operasyonları optimize etmek, güvenliği artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için çözümler sunarak ulaşım yönetiminde yenilikçi veya faydalı bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır.

4.5.1. Ulaştırma Yönetiminde Yapay Zeka Müdahaleleri

Yapay zeka odaklı teknolojiler, daha akıllı ve daha sürdürülebilir ulaşım ağlarının geliştirilmesine katkıda bulunur. Ayrıca, ulaşım yönetiminde yapay zekanın uygulanması, ulaşım sistemlerinin verimliliğini artırarak sera gazı emisyonlarını azaltmak için umut verici çözümler sunmaktadır. Özellikle ulaştırma sektörü, küresel emisyonların yaklaşık üçte birini oluşturarak sera gazı emisyonlarına önemli bir katkıda bulunmaktadır (Solaymani 2019). Dünya iklim değişikliğinin zorluklarıyla boğuşurken, ulaşım emisyonlarının azaltılması kritik bir öncelik olarak ortaya çıkmıştır. Trafik düzenine, yol koşullarına ve hava durumuna göre rotaları optimize ederek (Chavhan vd. 2020) ve dolayısıyla yakıt verimliliğini artırarak, seyahat sürelerini kısaltarak ve emisyonları azaltarak yapay zeka, ulaştırma sektörünün çevresel ayak izinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yararlanma

Ulaşım sistemlerini geliştirmek ve karbon ayak izini azaltmak için yapay zeka, iklim değişikliği etkilerini azaltmak için umut verici çözümler sunmaktadır (Fatemidokht ve ark. 2021).

Yapay zeka, ulaşım sistemlerini optimize etmek ve karbon ayak izlerini azaltmak için bir dizi çözüm sunmaktadır. Yapay zeka destekli trafik yönetim sistemleri, trafik akışını izlemek ve trafik sinyallerini dinamik olarak ayarlamak için sensörler, kameralar ve GPS cihazlarından gelen gerçek zamanlı verileri kullanır. Örneğin, yapay zeka trafik akışını iyileştirebilir, tıkanıklığı tahmin edebilir ve rotaları optimize edebilir, böylece rölantiden ve gereksiz sapmalardan kaynaklanan emisyonları azaltabilir. Trafik düzenleri, yolcu talebi ve hava koşullarına ilişkin kapsamlı verilerden yararlanan YZ algoritmaları, emisyonları önemli ölçüde azaltabilir ve ulaşım sistemlerinde verimliliği artırabilir, bu da önemli maliyet tasarrufları, sera gazı emisyonlarının azalması ve daha sürdürülebilir bir ulaşım sektörü ile sonuçlanabilir (Chen ve ark. 2023). Sürdürülebilir ulaşımdan bahsetmişken, yapay zeka ile entegrasyonu çevresel ve mobilite zorluklarına yaklaşımımızda devrim yaratıyor. YZ teknolojileri daha akıllı, daha verimli ulaşım sistemleri sağlayarak karbon ayak izlerini önemli ölçüde azaltmakta ve genel sürdürülebilirliği artırmaktadır. Bu bağlamda Puri ve diğerleri (2020), IoT ve AI-AIoT'nin yeteneklerinden yararlanarak bisiklet paylaşım programlarının entegrasyonu yoluyla kentsel ulaşım sistemlerini geliştirmeye çalışmıştır. Önerilen sistem, zararlı egzoz gazları için sensörler, bir GPS alıcısı, bir kamera ve düşme algılama yetenekleri içermektedir. Toplanan veriler YSA ve DVM kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgular, YSA'nın kök ortalama kare hatası (RMSE) ve korelasyon katsayısı (R^2) açısından DVM'den daha iyi performans gösterdiğini ve bisiklet paylaşım verilerinin izlenmesi ve analiz edilmesinde üstün performans sergilediğini göstermektedir.

Ayrıca, planlama ve rota planlamasını optimize ederek (Nikitas vd. 2020) ve kullanıcıları toplu taşıma veya elektrikli araçlar gibi daha düşük emisyonlu ulaşım modlarına geçmeye teşvik ederek (Olayode vd. 2020) toplu taşıma sistemlerini geliştirmek için YZ'den yararlanılabilir. YZ bunu, yolcu talebini tahmin etmek, en verimli rotaları belirlemek ve programları gerçek zamanlı olarak ayarlamak için kapsamlı veri kümelerini analiz ederek başarır. Ayrıca, dinamik fiyatlandırma ve kişiselleştirilmiş öneriler gibi YZ güdümlü teşvikler, bireyleri daha sürdürülebilir ulaşım seçeneklerini seçmeye motive edebilir. Yolcu talebi, trafik düzenleri ve kullanıcı davranışları hakkındaki verileri analiz ederek, transit sistemleri rotaları optimize edebilir, boş otobüs veya tren sayısını azaltabilir ve daha sürdürülebilir ulaşım modlarının benimsenmesini teşvik edebilir (Chen ve ark. 2023).

Buna ek olarak, otonom araçlarda yapay zeka, araç otonomisinde benzeri görülmemiş ilerlemelerle karakterize edilen, ulaşımında bir dönüşüm çağını başlatmıştır. YZ, kazaları azaltarak, araç kullanamayanlar için hareketliliği artırarak ve trafik düzenlerini optimize ederek ulaşımında devrim yaratmayı vaat eden Otonom Araçların (AV'ler) geliştirilmesinin merkezinde yer almaktadır. Ayrıca, AV'ler yakıt verimliliğini artırarak ve trafik sıkışıklığını hafifleterek emisyonları önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir (Tyagi ve Aswathy 2021). YZ algoritmaları bu araçları kontrol etmek, performanslarını artırmak ve enerji tüketimini azaltmak için kullanılabilir. Othman (2022), gelişmiş hareketliliğe ek olarak, daha az enerji tüketimi ve daha düşük emisyonlar da dahil olmak üzere potansiyel faydalarına odaklanarak AV'lerin etkilerine ilişkin geniş bir genel bakış sunmuştur.

AV kavramı sıklıkla araç paylaşımı fikriyle kesişmektedir (Othman 2022). Bu kesişme büyük ölçüde Paylaşılan Otonom Elektrikli Araçların (SAEV'ler) trafik sıkışıklığını hafifletebilen, kentsel alanı daha verimli kullanabilen ve sera gazı emisyonlarını azaltabilen faydalarına bağlanmaktadır (Ahmed vd., 2023). Jones ve Leibowicz (2019), bir enerji sistemi optimizasyon modeli kullanarak elektrik ve ulaştırma sektörlerini entegre ederek Özel Mülkiyetli Araçlara (POV) kıyasla SAV'lerin benimsenmesinin iklim üzerindeki etkilerini ve potansiyel faydalarını araştırmıştır. Yazarlar, özellikle elektrikli SAV şarjı yenilenebilir elektrik üretimi ile uyumlu olduğunda, SAV'lerin yaygın olarak benimsenmesinin emisyonları ve maliyetleri düşürebileceğini ve önemli çevresel ve ekonomik faydalar sağlayabileceğini bulmuşlardır. SAV'lerin benimsenmesi, karbonsuzlaştırma için daha etkili bir kaldıraç olarak tanımlanmaktadır.

kısa ve orta vadede bir karbon vergisine kıyasla araç seyahati. Bu çalışmaya paralel olarak, Liao ve diğerleri (2021) Araçtan Şebekeye (V2G) hizmetlerinin SAEV filolarına entegre edilmesinin ekonomik ve çevresel faydalarını incelemiştir. Çalışmaları, V2G hizmetlerinin SAEV filoları için işletme maliyetlerini ve sera gazı emisyonlarını azaltabileceğini göstermektedir. V2G hizmetleri, 30 yıllık bir süre boyunca uzun menzilli SAEV'ler için maliyetleri %19,6 oranında azaltabilir ve sera gazı emisyonlarını araç başına yılda ortalama 66,5 ton azaltabilir. Çalışma, V2G hizmetlerinin SAEV filolarının çevresel performansını artırırken ek gelir elde etme potansiyelini vurgulamaktadır.

Bununla birlikte, Saleh ve diğerleri (2022) SAEV'lerle ilgili riskleri, özellikle de araç paylaşımıyla ilişkili artan kilometre ve filo devrini incelemiştir. Bu faktörler daha yüksek toplam emisyonlara yol açarak optimize edilmiş şarj programlarının faydalarını potansiyel olarak dengeleyebilir. Çalışma, SAEV'lerin belirli senaryolarda emisyonları azaltabileceğini, ancak bu riskler nedeniyle genel etkinin daha az elverişli olabileceğini öne sürmektedir.

Ayrıca, Ahmed ve diğerleri (2023) SAEV'lerin Özel Elektrikli Araçlara (POEV) kıyasla çevresel etkilerini Küresel Isınma Potansiyeli (GWP), su ayak izi ve enerji talebine odaklanarak incelemiştir. Analizleri, SAEV'lerin artan güç tüketimi ve ölü yol gibi faktörler nedeniyle tipik olarak daha yüksek bir çevresel ayak izine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ancak döngüsel ekonomi uygulamalarının hayata geçirilmesi bu etkileri önemli ölçüde azaltabilir. Özellikle, bu uygulamalar GWP'yi %21,4, su ayak izini %18,2 ve enerji talebini %17,3 oranında azaltmıştır. SAEV'ler öngörülen 2050 ABD enerji şebekesinden %100 temiz enerji karışımı kullandığında, GWP, su ayak izi ve enerji talebi sırasıyla %73,2, %51,2 ve %29,1 oranında azalarak azalmalar daha da önemli hale gelmektedir.

Kopelias ve diğerleri (2020), Bağlantılı ve Otonom Araçların (CAV'ler) ve elektrikli araçların çevresel etkilerini incelemiştir. Bu etkileri etkileyen ve araç, yol ağı ve kullanıcıyla ilgili faktörler olarak kategorize edilen on bir faktör belirlemiştir. Çalışma, CAV'ların yakıt tüketimini ve emisyonları azaltma potansiyeline sahip olmakla birlikte, artan çevresel gürültü ve bunun halk sağlığı üzerindeki etkileri konusunda endişeleri de beraberinde getirdiğini vurgulamaktadır. Teknolojik faydalar ile ilgili çevresel riskleri dengelemek için daha fazla araştırma yapılması gerektiğinin altını çizmektedir.

Silva ve diğerleri (2022) AV'lerin çevresel etkilerini hava kirliliğinin ötesine geçerek arazi kullanımı, gürültü ve ışık kirliliğini de kapsayacak şekilde kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Elde ettikleri bulgular, AV'lerin trafik akışının iyileştirilmesi ve emisyonların azaltılması gibi önemli çevresel faydalar sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak bu faydalar, benimsenme oranları ve diğer ulaşım modlarıyla entegrasyon gibi faktörlere bağlıdır. Çalışma ayrıca AV'lerin arazi kullanımında toprak ve su kalitesini etkileyen değişiklikler gibi olumsuz sonuçlara da yol açabileceğini belirtmektedir. Gürültü ve ışık kirliliğindeki potansiyel iyileşmelerin iyi anlaşılmadığının altını çizerek daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtiyorlar.

Ayrıca Othman (2022), AV teknolojisindeki hızlı gelişmelere tam olarak hazır olmayan mevcut yasal çerçevelerin yarattığı zorlukları tartışmıştır. Çalışma, AV'lerin sunduğu çevresel faydaların tamamını keşfetmek için daha ayrıntılı çalışmalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Çalışmalar, AV'lerin ve SAEV'lerin çevresel etkilerine ilişkin kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. Olumlu yönden bakıldığında, SAEV'ler ve AV'ler, özellikle gelişmiş uygulamalar ve teknolojilerle desteklendiğinde, önemli çevresel faydalar sağlayabilir. Ahmed ve diğerleri (2023) ve Saleh ve diğerleri (2022) döngüsel ekonomi ve optimize edilmiş şarj programları gibi uygulamaların çevresel etkileri önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir. Liao ve diğerleri (2021) ayrıca Araçtan Şebekeye (V2G) hizmetlerinin SAEV'ler için hem ekonomik hem de çevresel sonuçları geliştirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, çalışmalar kayda değer risklerin de altını çizmektedir. Ahmed ve diğerleri (2023)

ve Saleh ve diğerleri (2022), SAEV'lerin özel elektrikli araçlara kıyasla daha yüksek çevresel ayak izini, artan güç tüketimi ve ölü yol gibi faktörlere atfederek tartışmaktadır. Silva ve diğerleri (2022) ve Kopelias ve diğerleri (2020), arazi kullanımındaki değişiklikler, gürültü kirliliği ve daha ayrıntılı çalışma gerektiren diğer çevresel kaygılar gibi ek risklere işaret etmektedir.

Genel olarak, SAEV'ler ve AV'ler çevresel sürdürülebilirliğe olumlu katkıda bulunma potansiyeline sahip olmakla birlikte, faydaları risklerine karşı dikkatle tartışılmalıdır. Bu faktörler arasındaki denge, bu teknolojilerin sürdürülebilir bir şekilde nasıl kullanılabileceğinin belirlenmesinde kritik öneme sahip olacaktır. Bu yeni teknolojilerle ilişkili riskleri en aza indirirken çevresel avantajları en üst düzeye çıkarmak için destekleyici uygulamaların sürekli araştırılması ve uygulanması şarttır.

Teknik bir perspektiften bakıldığında, Garikapati ve Shetiya (2024) tarafından yapılan son çalışma, yıllar içinde istatistiksel eğilimleri vurgulayarak otomotiv endüstrisinde gelişen YZ algoritmalarının kullanımını ve türlerini ortaya koymaktadır. Temel bilgiler arasında, kamyonlar ve otomobiller için YZ algoritmalarının rafine edilmesinde parametre optimizasyonunun önemli rolü yer alıyor ve bu da zaman içinde aracın uyarlanabilirliğini, öğrenmesini ve performans iyileştirmesini artırıyor. Çalışma ayrıca, her seviyede kullanılan belirli YZ algoritmalarını detaylandırarak ve yazılım paketi boyutlarıyla birlikte temel görevlerin otomasyonunu tartışarak farklı araç otonomisi seviyelerini özetlemektedir. Bu kapsamlı analiz, dinamik araştırma ortamının ve YZ'nin otonom araç geliştirmeye başarılı bir şekilde entegre edilmesini etkileyen kritik faktörlerin altını çizmektedir. Başka bir perspektiften bakıldığında, Norazman ve arkadaşları (2024) YSA'ların yol kazası verilerini analiz etmedeki uygulamalarını ve otonom araçların performansını artırma potansiyellerini araştırmıştır. Bulguları, YSA'ların çarpışma olaylarının modellenmesi ve tahmin edilmesinde oldukça etkili olduğunu ve yol güvenliğinin iyileştirilmesi için önemli faydalar sunduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, YSA'lar otonom araçların operasyonlarında önemli bir rol oynamakta, çevrelerini algılamalarını, bilinçli kararlar almalarını ve güvenli ve verimli bir şekilde çalışmalarını sağlamaktadır. Bununla birlikte, YSA'ların uygulanması şeffaflık eksikliği, büyük miktarlarda iyi düzenlenmiş veri ihtiyacı ve yüksek hesaplama talepleri gibi zorluklarla karşı karşıyadır.

Bununla birlikte, YZ'nin ulaşım entegrasyonu, başta kullanıcı verilerinin gizliliği, güvenliği ve güven sorunları olmak üzere çeşitli etik zorlukları da beraberinde getirmektedir. YZ sistemleri, gerçek zamanlı konum, seyahat kalıpları ve kişisel tercihler de dahil olmak üzere kapsamlı veri toplamaya büyük ölçüde dayanır ve bu da sıkı güvenlik önlemleriyle ele alınmazsa önemli gizlilik endişelerine yol açabilir. Kullanıcı verilerinin ihlallere ve kötüye kullanıma karşı korunmasını sağlamak, kamu güvenliğini sürdürmenin anahtarıdır. YZ güdümlü ulaşım sistemlerine güven oluşturmak ve hassas bilgilerin olası istismarını önlemek çok önemlidir (Chen ve ark. 2023). Ayrıca, kullanıcıların YZ'nin önyargılı olmadığına ve kişisel bilgilerinin sorumlu bir şekilde kullanıldığına güvenmeleri gerektiğinden, genel olarak YZ karar verme süreçlerinin şeffaflığı ve adaleti önemlidir (Bibri et al. 2023, 2024b). Bu etik zorlukların ele alınması, YZ'nin ulaşımında sürdürülebilir ve etik bir şekilde kullanılması için gereklidir. Gerçekten de, YZ destekli ulaşım teknolojilerinin geliştirilmesi, kullanıcı ihtiyaçlarına öncelik vermeli ve bunların etkinliğini ve kabulünü sağlamak için kullanıcılarla sürekli etkileşimi içermelidir (Hahn ve ark. 2021).

4.5.2. Sanayi Üretimi için Yapay Zeka

Yapay zeka teknolojileri, endüstri üretimini ve yük taşımacılığını dönüştürüyor. Yapay zeka, lojistik ve tedarik zinciri operasyonlarının verimliliğini artırarak maliyetleri ve emisyonları azaltabilir. Yapay zeka ayrıca yük yönetimini iyileştirebilir, bakım ihtiyaçlarını tahmin edebilir ve veriye dayalı içgörülerden yararlanarak rotaları optimize ederek daha verimli ve güvenilir yük taşıma sistemleri sağlayabilir. YZ'nin bu sektörlere entegrasyonu operasyonel verimliliği artırır ve endüstriyel faaliyetlerin ve yük taşımacılığının olumsuz etkilerini en aza indirerek çevresel sürdürülebilirliğe ve iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunur.

YZ, karar alma süreçlerini geliştirerek ve tedarik darboğazlarını azaltmak için çeşitli görevleri otomatikleştirerek tedarik zinciri yönetimini dönüştürme potansiyeline sahiptir. YZ, belirli gıda ürünleriyle ilgili sorunları izleyebilir ve tanımlayabilir, büyük ölçekli gıda tedariki kesintileri sırasında tedarik zinciri yönetimine yardımcı olabilir (Pournader 2021).

Ayrıca, yapay zeka talebi daha doğru bir şekilde tahmin ederek depolama ihtiyaçlarının ayarlanmasına yardımcı olabilir ve aşırı stoklamayı veya kıtlığı önleyebilir. Bu, çabuk bozulabilen malların hala tazeyken satılmasını sağlayarak israfı azaltır (Lutoslawski ve ark. 2021). YZ ayrıca üretim planlamasına, kalite kontrolüne yardımcı olarak ve bakım ihtiyaçlarını ortaya çıkmadan önce tahmin ederek hayvancılık tedarik zincirlerini de geliştirir (Helo ve Hao 2022). Depolama tesislerinde, IoT sensörleri ile birlikte YZ, sıcaklık ve nem gibi koşulları sürekli olarak izleyebilir ve ayarlayabilir, bozulabilir malların yaşam döngüsünü optimize ederken atık ve enerji tüketimini en aza indirebilir (Wang ve ark. 2022). Ayrıca, YZ gıda dağıtım rotalarını ve araç yüklerini optimize etmek için kullanılır ve bu da gıda tedarik zincirinden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmaya yardımcı olur (Yaiprasert ve Hidayanto 2023).

Yapay zeka, üretim süreçlerinde esnekliği, esnekliği ve verimliliği artırarak üretimde devrim yaratıyor. Yapay zeka, veri analizinden gerçek zamanlı karar vermeye kadar bir dizi işlevi destekleyerek üretim hatlarını ve kaynak yönetimini optimize ediyor. YZ, esnek ve esnek üretimde kullanılan akıllı cihazlardan buluta bilgi yükleyebilir, yöneticiler sahada olmasa bile üretim süreçlerinin uzaktan manipüle edilmesini sağlayabilir, böylece üretimin çevikliğini ve esnekliğini artırabilir (Chen ve ark. 2023). Oruganti ve diğerlerine (2023) göre bu model, kazaları etkin bir şekilde ele alarak ve yöneticiler üzerindeki baskıyı azaltarak endüstriyel süreçlerdeki montaj hatlarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, Cohen ve diğerleri (2019) ön bileşen üretiminin önemli veri analizi gerektirdiğini belirtmiştir. Modelleme sırasında bileşen veri sorunları ortaya çıkarsa, bunun israfı yol açabileceğini ve işletmenin üretkenliğini azaltabileceğini, sonuçta kaynak israfına neden olabileceğini vurgulamışlardır. Cioffi ve diğerleri (2020), tam entegre ve işbirliğine dayalı bir üretim sistemini vurgulayarak akıllı üretime odaklanmıştır. Bu sistem, fabrika içinde, tedarik ağında ve müşteri ihtiyaçlarına göre değişen koşullara gerçek zamanlı olarak yanıt vermek üzere tasarlanmıştır. Dwivedi ve diğerleri (2021), YZ'nin yalın üretimle birleştirilmesi gibi yönetim yöntemlerini entegre ederek verimliliği artırdığını belirtmiştir. Bu yaklaşım, her bir üretim bağlantısının verimliliğini hesaplamasına olanak tanıyarak atıllık nedeniyle hammadde israfını azaltmakta ve işletmelerin üretim hatlarını optimize etmelerine yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda YZ'nin birincil rolü, enerji ve kaynak yönetimini iyileştirmek için sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesini sağlayan bir veri analizi aracıdır. Üretim süreçlerinde fosil yakıtların yaygın kullanımı, önemli CO₂ emisyonlarına katkıda bulunan önemli bir faktördür (Yue ve Gao 2018).

Çeşitli çalışmalar, YZ uygulamalarının farklı yönlerini araştırmış, pratik etkilerini ve sundukları önemli zorlukları vurgulamıştır. Liu ve diğerleri (2024), modüler inşaat endüstrisindeki YZ uygulamalarının kapsamlı bir analizini ve sentezini sağlamıştır. Sistematik araştırmaları, üretim verimliliğini önemli ölçüde artıran, lojistiği optimize eden ve operasyonel yönetimi iyileştiren YSA ve makine öğrenimi gibi YZ teknolojilerindeki ilerlemelerin altını çizmektedir. Yang ve diğerleri (2021), proses endüstrisinde akıllı üretim için yeni bir model önermiştir. Bu model, endüstriyel YZ ve Endüstriyel İnternet'in derin entegrasyonunu vurgulamakta, optimum karar verme, otonom kontrol sistemleri ve gelişmiş operasyonel yönetim için YZ'den yararlanmaktadır. Çalışma, gelişmiş karar verme ve kontrol sistemleri aracılığıyla YZ'nin geleneksel süreç endüstrilerindeki etkin rolünü vurgulamaktadır. Plathottam ve diğerleri (2023), YZ/ML teknolojilerinin ayrıntılı bir analizini sunmuş ve YZ'nin kestirimci bakım, kalite güvencesi ve süreç optimizasyonu gibi verimliliği artırabileceği temel alanları belirlemiştir. Bununla birlikte, yazarlar, YZ'nin üretimdeki potansiyelinden tam olarak yararlanmak için ele alınması gereken veri toplama, güvenlik riskleri ve güven sorunları gibi önemli zorlukların altını çizmektedir.

Bu sentezlenmiş çalışmalar, verimliliği artırmak, teknolojik gelişmeleri yönlendirmek ve süreçleri optimize etmek için yenilikçi fırsatların altını çizerek, imalat endüstrisinde yapay zekanın önemli potansiyelini vurgulamaktadır. YZ'nin üretim verimliliğini artırma, lojistiği optimize etme ve operasyonel yönetimi iyileştirme yeteneği, çeşitli endüstri sektörlerinde belirgindir. YZ'nin yeteneklerinden tam olarak yararlanmak için sağlam politikalara ve sürekli araştırmaya duyulan ihtiyacı vurgulamaktadırlar. İmalat sanayi, bu zorlukları ele alarak ve YZ'nin benimsenmesini teşvik ederek verimlilik, yenilikçilik ve sürdürülebilirlik alanlarında önemli ilerlemeler kaydedebilir.

Ayrıca, son zamanlarda yapılan çalışmalar, YZ'nin küresel ekonomik dinamikleri ve firma performansını artırmada önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamaktadır. Liu ve diğerleri (2024), YZ'nin imalat sanayinin Küresel Değer Zinciri (KDZ) konumu üzerindeki daha geniş etkisine odaklanmıştır. Bulguları, 61 ülkeden kapsamlı panel verileri kullanarak, YZ'nin üretim verimliliğini artırarak, teknolojik inovasyonu artırarak ve ticaret maliyetlerini azaltarak KDZ konumunu önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Çalışma, YZ'nin gelişmekte olan ülkelerde ve çeşitli imalat sektörlerinde daha belirgin etkisini vurgulayarak, politika yapımcılar için özellikle aydınlatıcıdır.

rekabet edebilirlik. Bu arada, Wamba-Taguimdje ve diğerleri (2020), YZ odaklı dönüşüm projelerinin iş değerini analiz etmek için çeşitli sektörlerdeki vaka çalışmalarını derinlemesine araştırmıştır. Bulguları, makine çevirisi, sohbet robotları ve kendi kendine öğrenme algoritmaları gibi YZ teknolojilerinin, firmaların çevrelerini anlamalarını ve bunlara yanıt vermelerini nasıl geliştirdiğini ortaya koymaktadır. YZ'nin benimsenmesi, kuruluşların süreçleri optimize etmesine, otomasyonu geliştirmesine, bilgi ve dönüşüm etkilerini artırmasına ve böylece hem kurumsal hem de süreç düzeylerinde performansı artırmasına yardımcı oluyor. Bu iki çalışma birlikte, küresel rekabet gücünü ve firma verimliliğini artırmak için yapay zekayı stratejik çerçevelere entegre etmenin kritik öneminin altını çizmektedir.

4.5.3. Yük Taşımacılığı Yönetimi için Yapay Zeka

Yapay zeka, verimliliği, güvenliği ve sürdürülebilirliği artırmak için yenilikçi çözümler sunarak yük taşımacılığı ve lojistiğin çeşitli yönlerinde devrim yaratıyor. Makine öğrenimi, NLP ve LLM'ler gibi YZ tekniklerinin entegrasyonu, bu sektörlerdeki karmaşık zorlukları ele almaktadır. Liachovičius ve diğerleri (2023), ekonometrik ve YZ yöntemlerini kullanarak talep ve navlun oranlarını tahmin ederek karayolu yük taşımacılığı şirketlerinin performansını artırmaya odaklanmıştır. Çalışmaları, Otomatik Regresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) gibi ekonometrik modellerin talep tahmini için iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, navlun oranı tahmini için, Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) gibi yapay zeka tabanlı yöntemler geleneksel modellerden daha iyi performans göstermiştir. Önemli bir bulgu, spot ve sözleşme oranları arasındaki güçlü korelasyondur (0,86); bu da mevcut spot oranların sözleşme oranlarını etkili bir şekilde tahmin edebileceğini göstermektedir.

Brezulianu ve diğerleri (2023), demiryolu yük taşımacılığında lokomotif sürücülerinin planlamasını optimize etmek için FERODATA AI motorunu geliştirmiştir. Bu AI/ML yazılım modülü, yorgunluk puanı, kalkış noktasına olan mesafe, kullanılabilirlik ve dolaşım geçmişi gibi çeşitli parametrelere dayalı olarak konduktörleri atamak için denetimli bir rastgele orman modeli kullanmaktadır. Model, eğitim setinde %95 ve test setinde %84 doğruluk oranıyla yüksek performans göstermiştir. Çalışma, yapay zekanın demiryolu yük taşımacılığında operasyonel verimliliği, maliyet tasarrufunu, mevzuata uygunluğu ve güvenliği önemli ölçüde artırabileceği sonucuna varmıştır.

Katreddi ve diğerleri (2022), emisyonlar, sürücü güvenliği ve seyahat talebi gibi zorlukları ele alarak ağır hizmet kamyon endüstrisinde yapay zeka uygulamalarını araştırmıştır. Çalışma, yakıt tüketimi tahmini, emisyon tahmini, otonom sürüş teknolojisi ve öngörücü bakım gibi uygulamalar aracılığıyla YZ'nin üretkenliği, sürdürülebilirliği ve güvenilirliği artırma potansiyelini vurgulamıştır. Yapay zeka ve makine öğrenimi yöntemlerinin kullanımı, yakıt tüketimi ve emisyon standartlarını karşılamak ve sürücü güvenliğini sağlamak için önemli olan verimli veri analizi ve içgörülere olanak tanır. Benzer bir şekilde, bakım programlarını ve yakıt ikmalini optimize ederek (Alexandru ve ark. 2022), otonom araçlar geliştirerek ve talebi düzenleyerek (Abduljabbar ve ark. 2019) araç filolarını daha verimli bir şekilde yönetmek için YZ kullanılabilir. Yapay zeka sistemleri, trafik koşulları, yakıt verimliliği ve son teslimat tarihleri gibi faktörleri dikkate alarak yük taşımacılığı için rota belirleme ve planlamayı optimize eder. Bu, zamanında teslimat yapılmasını sağlar ve operasyonel maliyetleri en aza indirir.

Tupayachi ve diğerleri (2024), intermodal yük taşımacılığını optimize etmek amacıyla bilimsel ontolojiler oluşturmak için yapay zeka destekli büyük dil modellerinin (LLM'ler) kullanımını araştırmıştır. ChatGPT API ve NLP tekniklerini kullanan çalışma, senaryo tabanlı ontolojiler oluşturmak için entegre bir iş akışı geliştirmiştir. Sonuçlar, veri ve meta veri modellemesini, karmaşık veri kümelerinin entegrasyonunu ve çok alanlı simülasyon modellerinin birleştirilmesini geliştiren bilgi grafiklerini içeriyordu. Metodoloji, karmaşık kentsel yük sistemlerinde bilinçli karar vermeyi desteklemedeki etkinliğini gösteren bir vaka çalışmasıyla doğrulanmıştır.

Bu çalışmalar, yapay zekanın yük taşımacılığındaki yenilikçi potansiyelinin altını çiziyor. Navlun oranı ve talep tahminini optimize etmekten lokomotif sürücüsü planlamasını geliştirmeye, ağır kamyon operasyonlarını iyileştirmeye kadar,

ve sofistike karar destek sistemleri geliştiren yapay zeka, oyunun kurallarını değiştiren bir unsur olduğunu kanıtlıyor. Yapay zeka teknolojilerinin entegrasyonu yalnızca verimliliği artırmak ve maliyetleri düşürmekle kalmıyor, aynı zamanda güvenlik, sürdürülebilirlik ve mevzuata uygunluk ile ilgili kritik konuları da ele alıyor. Yapay zeka gelişmeye devam ettikçe, yük taşımacılığındaki uygulamalarının genişlemesi ve sektördeki zorluklara daha da yenilikçi çözümler sunması beklenmektedir.

4.6. Afet Riskinin Azaltılması

Afet riskinin azaltılması, doğal ve insan kaynaklı afetlerin neden olduğu zararı en aza indirmeye yönelik stratejileri içerir. Yapay zeka, hem hazırlık hem de iyileştirme çabalarının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

4.6.1. Afete Hazırlık için Yapay Zeka Desteği

Aşırı iklim olaylarına karşı erken uyarı hayat kurtarır ve ekonomik kayıpları azaltır. Aşırı fırtınaların, orman yangınlarının ve sıcak hava dalgalarının artan sıklığı ve yoğunluğu göz önüne alındığında, dünyadaki her insanı erken uyarı teknolojisiyle korumaya acil ihtiyaç vardır. Birleşmiş Milletler Herkes İçin Erken Uyarı Girişimi, hükümetlere ve kuruluşlara doğal ve insan kaynaklı felaketleri öngörmek, planlamak ve bunlara müdahale etmek için gelişmiş yetenekler sağlayarak, yapay zekanın afetlere hazırlığı artırmada nasıl paha biçilmez bir araç olarak kullanıldığının bir örneğidir. YZ teknolojilerinden yararlanmak, afet yönetimi stratejilerini önemli ölçüde geliştirerek risklerin daha etkili ve verimli bir şekilde azaltılmasını, zararların azaltılmasını ve özellikle EAGÜ'ler ve SIDS dahil olmak üzere en savunmasız ülkelerde hayatların kurtarılmasını sağlar.

4.6.1.1. Tahmine Dayalı Analitik, Zarar Azaltma, Erken Uyarı ve Erken Eylem Planlamasını Şekillendiriyor

Uluslararası Göç Örgütü (IOM) iklimin artık ülke içinde yerinden edilmelerin (çatışmalardan daha fazla) başlıca nedeni haline geldiğini bildirmektedir. İklim değişikliği veya doğal afetler gibi çevresel faktörlerin neden olduğu göç artmakta ve daha da artması beklenmektedir. IOM, önleme, hazırlık, müdahale ve toparlanmayı desteklemek için topluluk ve ulusal düzeylerde çalışan, iklim hareketliliği konusunda lider bir kuruluştur. Azaltma, erken uyarı, erken eylem ve afet riskinin azaltılması, özellikle iklimle ilgili insani acil durumların arttığı bir dünyada milyonlarca kadın, erkek ve çocuğu desteklemek için IOM müdahalelerinin temel dayanaklarıdır. 2020 yılında 30,7 milyon kişi afetler nedeniyle ülke içinde yerinden edilmiştir; bu sayı çatışma ve şiddet nedeniyle yerinden edilenlerin (9,8 milyon kişi) üç katıdır. Afetler nedeniyle yerinden edilenlerin yüzde 98'i hava ve iklim tehlikeleriyle karşı karşıya kalmıştır. İklim ve hava koşullarına bağlı afetler geçtiğimiz on yıl içinde küresel çapta 1.7 milyar insanı daha etkilemiştir. Doğal tehlikelerin sıklığı, süresi ve yoğunluğu kötüleştikçe bu rakamların artması bekleniyor. Bununla birlikte Microsoft, iklim kaynaklı göçün etkisini daha iyi anlamak ve insani yardım çabalarını iyileştirmek için yapay zeka ve analitik yeteneklerini kullanabilmeleri için IOM ile ortaklık kuruyor.

4.6.1.2. Tahminsel Analitik Tahliye Planlamasını Şekillendiriyor

Yapay zeka modelleri, tahmine dayalı analitik yoluyla tahliye planlamasının şekillendirilmesine büyük ölçüde yardımcı olur. YZ sistemleri, geçmiş verileri ve gerçek zamanlı girdileri analiz ederek sel, kasırga, deprem ve sıcak hava dalgalarıyla ilgili felaketlerin potansiyel etkisini tahmin edebilir. Gerçekten de, iklim büyük verilerini işlemek için YZ'deki ilerlemeler, gelecekteki iklim değişikliği senaryolarının daha kapsamlı bir şekilde tanımlanmasını ve akıllı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesini sağlar (Leal Filho 2022). İklim değişikliği tahminleri, yetkililerin yüksek riskli alanları belirlemesini ve etkili tahliye rotaları ve stratejileri geliştirmesini sağlar. Örneğin, yapay zeka çeşitli felaket senaryolarını simüle edebilir ve bunların potansiyel sonuçlarını değerlendirerek en iyi tahliye uygulamaları hakkında değerli bilgiler sağlayabilir. Yapay zeka ayrıca

bu tür tahliyeler sırasında darboğazlardan kaçınmak için trafik sensörlerinin ideal yerleşimini belirlemek için kullanılabilir (Gazzea 2023). Bu öngörü kabiliyeti, tahliye planlarının zamanında yapılmasını ve yaklaşan bir felaketin belirli dinamiklerine göre uyarlanmasını sağlayarak tahliyelerin güvenliğini ve verimliliğini artırır.

Aşırı hava felaketleri bağlamında, YZ uygulamaları iklim değişikliği risklerini doğru bir şekilde tahmin ederek ve görselleştirerek halkın iklim sorunlarına katılımını artırmakta ve kolektif eylemi teşvik etmektedir (Alemany vd. 2019; Walsh vd. 2020). Bu yapay zeka odaklı içgörüler, gerçek zamanlı izleme yoluyla karar destek çabalarına yardımcı olur, böylece durumsal farkındalığı artırır ve zamanında müdahaleleri mümkün kılar (Anbarasan ve ark. 2020; Booth 2018; Samadi 2022; Walsh ve ark. 2020). YZ, aşırı hava olaylarının tahminini geliştirerek iklim değişikliğinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir (McGovern ve ark. 2017; Shultz ve ark. 2021). Huntingford ve diğerleri (2019), aşırı hava olaylarına karşı gelişmiş uyarılar sağlama yeteneği açısından iklim değişikliğine hazırlıkta YZ'nin potansiyelini vurgulamıştır. YZ modelleri, karmaşık örüntüleri ve korelasyonları tanımlamada ustadır ve aşırı hava olaylarının olasılığını ve potansiyel şiddetini daha doğru bir şekilde tahmin etmelerine olanak tanır. Bu öngörü yeteneği, akıllı erken uyarı sistemlerini geliştirerek zamanında uyarılar sağlar ve bu olayların etkisini azaltmak için proaktif önlemler alınmasına olanak tanır (Leal Filho 2022; Rolnick ve ark. 2012).

Yapay zeka destekli çözümler, sel tahmini ve yönetimindeki zorlukların üstesinden gelmek için giderek daha fazla kullanılmakta ve afet müdahale stratejilerini geliştirme potansiyellerini ortaya koymaktadır. Anbarasan ve diğerleri (2020), sel tahmini doğruluğunu artırmak için IoT, büyük veri ve Evrimsel Derin Sinir Ağlarını (CDNN) entegre eden bir sel algılama sistemi önermiştir. Sistemleri, fazlalıkları ortadan kaldırmak için verileri önceden işlemekte ve sınıflandırma için CDNN uygulayarak YSA ve DNN'den daha iyi performans göstermektedir. Samadi (2022), gerçek zamanlı sel izleme ve durumsal farkındalık sağlamak için AI, büyük veri ve IoT'yi birleştiren Flood Analytics Information System'i (FAIS) tanıtmıştır. FAIS, sel riski değerlendirmelerini ve müdahale stratejilerini iyileştirmek için kitle zekası, makine öğrenimi ve NLP'yi başarıyla entegre etmektedir. Khalilpourazari ve Pasandideh (2021), barınak konumlarını ve helikopter rotalarını optimize etmek için yapay zekadan yararlanarak, kurtarma oranlarını ve maliyet verimliliğini önemli ölçüde artıran, sel tahliye planlaması için sağlam bir optimizasyon modeli sunmuştur.

4.6.1.3. Afetler Sırasında Müdahale Çabalarının Koordinasyonu

Afetler sırasında, müdahale çabalarının koordinasyonu, zararı en aza indirmek ve hızlı bir iyileşme sağlamak için kritik öneme sahiptir. YZ sistemleri, uydu görüntüleri, sensör ağları ve sosyal medya akışları dahil olmak üzere birden fazla kaynaktan gelen verileri entegre ederek bu koordinasyonu kolaylaştırır. YZ modelleri, selleri haritalandırarak, uydu verilerini kullanarak mülteci kamplarının yerini belirleyerek (Logar ve ark. 2020) ve yardıma en çok ihtiyaç duyan nüfusları tespit ederek (Omdena ve WFP 2020) afet yardım çabalarına önemli ölçüde yardımcı olabilir. Bu entegrasyon, gerçek zamanlı durumsal farkındalık sağlayarak (Abid ve ark. 2021; Samadi 2022), müdahale ekiplerinin afetin kapsamını ve ölçeğini ortaya çıktıkça anlamasına olanak tanır. Ayrıca yapay zeka, tıbbi malzeme, personel ve ekipman gibi acil durum kaynaklarının kullanılabilirliğini ve konumunu analiz ederek kaynak tahsisini optimize eder. Bu gerçek zamanlı optimizasyon, kaynakların en çok ihtiyaç duyulan yerlerde konuşlandırılmasını sağlayarak afet müdahalesinin genel etkinliğini artırır.

AIoT alanında, Lee ve Chien (2020) robotik afet müdahalesinde AI ve IoT'yi araştırmış, AIoT'nin arama ve kurtarma operasyonları için robotik sürüleri koordine etme potansiyelini vurgulamış ve böylece afet müdahalesinin verimliliğini ve etkinliğini artırmıştır. Swarna ve Bhaumik (2022), afet yönetiminin önleme, müdahale ve kurtarma aşamalarını geliştirmek için YZ ve IoT cihazlarının entegrasyonunu araştırmıştır. Çalışma, afet yönetimi uygulamalarını iyileştirmek için çoklu yapay zeka bileşenlerini, IoT cihazlarını ve veri kaynaklarını birleşik bir sistemde birleştiren bir platform geliştirmeye odaklanmaktadır. Çalışma, bütünleştirici bir platformun oluşturulmasıyla sonuçlandı.

IoT cihazları aracılığıyla gerçek zamanlı veri toplama ve analizi için tasarlanmış yapay zeka platformu. Afet önleme alanında iki kullanım örneği vurgulanarak platformun öngörüye dayalı izleme ve etkili müdahale stratejileri uygulama kabiliyeti gösterildi.

YZ bağlamında, Raza ve diğerleri (2020), dirençli iletişim ağları oluşturmak için YZ ve sosyal medya platformlarını kullanarak afetten etkilenen bölgelerdeki iletişim altyapısını geliştirmeye odaklanmaktadır. Araştırmacılar, sel, deprem ve fırtına dalgalarıyla ilgili doğal afetler nedeniyle altyapının tehlikeye girdiği alanlarda iletişim ağları oluşturmak için kullanıcı merkezli bir yaklaşım önermektedir. Önerilen çözüm, hem tek hem de çok atlamalı iletişimi destekleyen yeni bir küme oluşturma çerçevesi kullanarak acil durum iletişimini sağlamak için ad hoc kümeler oluşturmayı içeriyor. Yenilikçi yaklaşımları, iletişim verimini en üst düzeye çıkarır ve afet etki alanlarını doğru bir şekilde sınıflandırır, böylece daha iyi koordinasyon ve müdahaleyi kolaylaştırır. Afete eğilimli alanları sınıflandırmak için kullanılan makine öğrenimi teknikleri umut verici sonuçlar göstermiş ve bu yaklaşımın afetler sırasında iletişimi etkili bir şekilde yeniden kurabileceğini ve durumsal farkındalık sağlayabileceğini düşündürmüştür.

Saleem ve Mehrotra (2022), afet yönetimi için YZ ve sosyal medyanın yeni ortaya çıkan kullanımını incelemiştir. Birincil amaç, afet müdahale kuruluşlarının etkili kararlar almasına yardımcı olmak için YZ'nin sosyal medyadan afetle ilgili içeriği nasıl işleyebileceğini vurgulamaktır. Araştırma, sosyal medyanın afetler sırasında sağladığı, etkilenen topluluklardan gerçek zamanlı içgörüler sunan zamanında ve ilgili bilgilerin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, afetler sırasında zamana duyarlı bilgilerin yayılması ve elde edilmesi için yeni yaklaşımlar gösteren vaka çalışmaları da sunmaktadır. Bulgular, afet yönetimi stratejilerinin verimliliğini ve etkinliğini artırmak için sosyal medya verilerinden yararlanmak üzere yapay zeka tabanlı sistemlerin potansiyelinin altını çizmektedir.

Saleem ve Mehrotra (2022), farklı afet yönetimi aşamalarında afetle ilgili sosyal medya içeriğini işlemek için kullanılan YZ tekniklerine genel bir bakış sunarken, Abid ve diğerleri (2021) tüm afet yönetimi aşamalarını kapsayan YZ uygulamalarına daha geniş bir genel bakış sunarak, YZ'nin CBS ve RS ile birlikte afet planlamasını, durumsal farkındalığı ve kurtarma çabalarını nasıl geliştirdiğini göstermektedir. YZ'nin veri analizi ve görselleştirme konusundaki yetenekleri, etkili afet yönetimi için çok önemli olan hızlı karar verme ve verimli kaynak tahsisini mümkün kılmaktadır. Çalışma, afet yönetiminin tüm aşamalarında YZ'nin önemini vurgulamaktadır: zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme. İzleme, haritalama, jeo-uzamsal analiz, uzaktan algılama, robotik ve makine öğrenimi gibi yapay zeka uygulamaları, afetleri verimli bir şekilde yönetme becerisini önemli ölçüde artırmaktadır. Çalışma, yapay zekanın daha hızlı, daha donanımlı afet müdahalelerine ve daha iyi genel afet yönetimi stratejilerine yol açma potansiyelinin altını çiziyor.

4.6.1.4. Afet Risk Değerlendirmesi: Çok Perspektifli Bir Yaklaşım

YZ, risk değerlendirme, erken uyarı sistemleri ve toplum eğitimi yoluyla afete hazırlığı destekler. YZ odaklı risk değerlendirme araçları, savunmasız alanların ve nüfusların belirlenmesine yardımcı olarak afetler meydana gelmeden önce hedeflenen müdahaleleri mümkün kılar (örneğin, Kuglitsch ve ark. 2022). Yetkililer, yapay zekanın gücünden yararlanarak hazırlık stratejilerini geliştirebilir ve afetler sırasında daha etkili ve zamanında müdahaleler sağlayabilir. Ghaffarian ve diğerleri (2023), karar verme süreçlerini iyileştirerek Afet Risk Yönetimini (DRM) geliştirmede Açıklanabilir YZ'nin (XAI) rolünü incelemiştir. Yazarlar, çeşitli tehlike ve afet türlerini, risk bileşenlerini ve YZ ve XAI yöntemlerini tanımlamıştır. Bulgular, DRM için XAI tekniklerinin kullanımında önemli bir artış olduğunu göstermekte ve YZ uygulamalarında şeffaflık ve yorumlanabilirliğin artan öneminin altını çizmektedir. Çalışma, çoklu tehlike risk analizine, XAI'nin erken uyarı sistemlerine entegrasyonuna ve DRM strateji planlamasını ve etkinliğini artırmak için nedensel çıkarım yöntemlerinin dahil edilmesine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Sun ve diğerleri (2020), doğal tehlikelerin neden olduğu artan hasar ve sosyoekonomik kayıpları vurgulamaktadır. Çalışma, afet yönetiminin dört aşamasındaki YZ uygulamalarını incelemektedir. Zarar azaltma ve hazırlık aşamalarında, YZ teknikleri afete hazırlığı artırmak için risk değerlendirmesine, erken uyarı sistemlerine ve toplum eğitime yardımcı olmaktadır. Müdahale aşaması, gerçek zamanlı veri işleme, kaynak tahsisini optimize etme ve durumsal farkındalığı artırma gibi en yüksek YZ uygulamaları yoğunluğuna sahiptir. İyileştirme aşamasında, YZ hasar değerlendirmesine ve yeniden inşa çabaları için verimli kaynak tahsisine yardımcı olur. Ek olarak, çalışma veri kalitesi, sistem entegrasyonu ve etik hususlar gibi zorlukları tanımlamakta ve bu sorunları etkili bir şekilde ele almak için YZ'de daha fazla araştırma ve ilerlemeye ilham vermeyi amaçlamaktadır.

Afet risk yönetiminde YZ'nin potansiyelini araştıran Velez ve Zlateva (2023), YZ'nin bu alana uygulanmasındaki sayısız zorluğu vurgulamaktadır. Bu zorluklar arasında yüksek kaliteli ve çeşitli verilerin gerekliliği, mevcut sistem ve teknolojilerle uyumluluğun sağlanması, etik ve sosyal sonuçların ele alınması ve sürekli araştırma ve geliştirme ihtiyacı yer almaktadır. Ayrıca, afet yönetimindeki YZ uygulamalarının genellikle hassas bilgilerin işlenmesini içerdiği göz önüne alındığında, veri gizliliği ve güvenliğinin kritik önemini altını çizmektedirler. Çalışma, YZ'nin afetlerin etkilerini azaltmada adil, eşitlikçi ve etkili bir şekilde geliştirilmesini ve kullanılmasını sağlamak için bu zorlukları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Benzer konular, ITU/WMO/UNEP Doğal Afet Yönetimi için YZ Odak Grubu'nun (ITU 2024) teknik raporlarında da ele alınmıştır.

Özetle, YZ'nin afete hazırlığa katkısı çok yönlüdür ve tahmine dayalı analitiği, müdahale koordinasyonunu, risk değerlendirmesini ve erken uyarıyı kapsar. Yetkililer, yapay zekanın gücünden yararlanarak hazırlık stratejilerini geliştirebilir ve afetler sırasında daha etkili ve zamanında müdahaleler sağlayabilir. YZ teknolojileri ilerlemeye devam ettikçe, afete hazırlıktaki rollerinin daha da kritik hale gelmesi ve gelecekteki afetlerin etkilerini azaltmak için yeni ve yenilikçi çözümler sunması muhtemeldir.

4.6.2. Afet Sonrası İyileştirme ve Yeniden Yapılandırma için Yapay Zeka Desteği

Yapay zeka, afet sonrası kurtarma ve yeniden yapılandırma aşamasında değerli bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Gelişmiş veri analitiği, makine öğrenimi modelleri ve yapay zeka odaklı teknolojiler kullanılarak, kurtarma çalışmalarının verimliliği ve etkinliği önemli ölçüde artırılabilir.

4.6.2.1. Hasarın Değerlendirilmesi ve İyileştirme Çalışmalarının Önceliklendirilmesi

Bir afet sonrasında karşılaşılan ilk zorluklardan biri, geniş ve genellikle erişilemeyen alanlardaki hasarın boyutunu değerlendirmektir. Yapay zeka destekli dronlar ve uydu görüntüleri, hızlı ve kapsamlı hasar değerlendirmeleri sağlayarak bu bağlamda önemli bir rol oynamaktadır. Amprius (2024), dronların afet müdahale senaryolarındaki önemli potansiyelini vurgulamaktadır. Bu bağlamda dronlar, insanların ulaşmasının zor olduğu bölgelere erişimi kolaylaştırarak afet bölgelerinin havadan görüntülenmesini sağlamaktadır. Bu veriler, bir afet bölgesine ilk müdahalede bulunanlar için değerli bir araç görevi görerek durumu değerlendirmelerini ve eylemlerini buna göre planlamalarını sağlar. Dronlar ayrıca tıbbi yardım, gıda ve iletişim ekipmanı gibi temel malzemeleri hızlı ve verimli bir şekilde taşımak için kullanılabilir, böylece yardım çabalarını hızlandırır. Buna ek olarak, dronlar arama ve kurtarma görevlerinde hayati önem taşır, hayatta kalanları belirlemek ve kurtarma ekiplerini yönlendirmek için gereken bilgileri sağlar. Bu drone tabanlı afet yardım çalışmaları, geleneksel yöntemlere kıyasla daha az kaynak gerektirmektedir.

YZ modelleri, hasar seviyelerini hızlı bir şekilde değerlendirmek ve kurtarma çabalarına öncelik vermek için drone ile toplanan verileri analiz ederek bu çabaları daha da geliştirmektedir. Kim ve diğerleri (2022), İHA fotogrametrisi ve yapay zekanın hasar tespitinde uygulanabilirliğini değerlendirmiştir.

doğal afetlerin yönetilmesi. Yazarlar, yapay zekanın dronlar tarafından çekilen hava görüntülerinden afet olaylarını nasıl tespit edebileceğini ve tanımlayabileceğini göstermektedir. Araştırma, afet tespiti için bir yapay zeka tekniği sunuyor ve kurtarma aşamasında afetten zarar gören alanları değerlendirmek için İHA tabanlı bir araştırma prosedürü öneriyor. Drone ile haritalamanın doğruluğu ve iş verimliliği, geleneksel emek yoğun saha araştırmaları ile karşılaştırılmaktadır. Çalışma, 5 cm GSD'den daha az çözünürlüğe sahip orto-görüntülerle drone haritalamanın, tahrip olmuş tesisler ve toprak erozyonu gibi hasar bilgilerini etkili bir şekilde belirleyebildiğini ortaya koymaktadır. Fotogrametri tabanlı bu yaklaşım, zamanında ve verimli afet alanı değerlendirmeleri sunmaktadır.

Yapay zeka modelleriyle ilgili olarak, Salluri ve diğerleri (2020) sel ve depremlere odaklanarak afet senaryolarında nesne tespiti için CNN kullanmıştır. Çalışmaları, VGG-19 gibi önceden eğitilmiş modellerle yüksek doğruluk göstermiş ve verimli afet kurtarma operasyonlarına yardımcı olmuştur. Yapay zeka algoritmalarıyla donatılan bu teknolojiler, altyapı, evler ve doğal manzaralardaki hasarı belirlemek ve ölçmek için büyük miktarda görsel veriyi analiz edebilir. Zhang ve arkadaşları (2023), afet hasar değerlendirme modellerinin genelliğini artırmak için yapay zeka ve kitle kaynaklı verileri birleştiren hibrit bir öğrenme yaklaşımı önermiş ve geleneksel yöntemlere göre önemli gelişmeler göstermiştir. Sun ve diğerleri (2020), doğal tehlikelerden kaynaklanan hasar ve sosyoekonomik kayıpların değerlendirilmesini ve kurtarma çabalarının önceliklendirilmesini geliştirme yeteneğini sergileyerek, afet müdahalesi ve iyileştirmede YZ'nin önemini vurgulamıştır. Yazarlar, kurtarma aşamasında, YZ'nin hasarı hızlı bir şekilde değerlendirmenin ve yeniden inşa çabaları için kaynakları verimli bir şekilde tahsis etmenin anahtarı olduğu sonucuna varmışlardır. Abid ve diğerleri (2021), hızlı veri analizi ve görselleştirmeyi kolaylaştırarak, hükümetlerin bir afet sonrasında daha hızlı ve daha bilinçli kararlar almasını sağlayarak YZ'nin kurtarma operasyonlarını geliştirmedeki önemli rolünü vurgulamıştır. Makine öğrenimi modelleri, çeşitli kaynaklardan gelen büyük hacimli verileri analiz ederek en çok etkilenen alanları hızlı bir şekilde belirleyebilir ve acil eylem için önceliklendirebilir. Bu, kurtarma operasyonlarının genel verimliliğini ve etkinliğini artırır ve yeniden inşa sürecini kolaylaştırır.

Ulusal ve uluslararası işbirliği ve ortaklık yoluyla yürütülen girişim, Karayip konut sektöründe iklim direncini artırmak için DL tekniklerinin ve hava görüntülerinin kullanımını vurgulamaktadır (Tingzon ve ark. 2023; Dünya Bankası 2023). Bu yaklaşım, kritik konut stoku verilerini hızlı bir şekilde oluşturmak için gelişmiş yapay zeka yöntemlerinden yararlanmakta, afet risk yönetimine yardımcı olmakta ve SIDS'teki iklim adaptasyon çabalarını desteklemektedir.

Karayipler'de İklim Esnekliği için DL Kullanılarak Havadan ve Sokaktan Çekilen Görüntülerden Konut Stoku Özelliklerinin Haritalanması

Ülke Dominika, Saint Lucia, Grenada

İlgili Kuruluşlar: Dünya Bankası, Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Fonu (GFDRR), Dominika Milletler Topluluğu Hükümeti (GoCD) ve Saint Lucia Hükümeti (GoSL)

Kısa Açıklama

Karayipler bölgesi, tropikal siklonlar, toprak kaymaları ve seller gibi doğal tehlikelerin artan sıklığı ve şiddeti nedeniyle iklim risklerine karşı küresel olarak en savunmasız bölgeler arasındadır. Özellikle konut sektöründe en yüksek hasar seviyeleri genellikle GYÜ'lerde görülmektedir. Binaların mekansal dağılımı ve özelliklerine ilişkin doğru ve güncel bilgiler, etkili zarar görebilirlik değerlendirmesi ve afet risk yönetimi için çok önemlidir. Ancak, geleneksel evden eve anketler pahalı ve zaman alıcıdır, bu da önemli engeller yaratmaktadır.

Bunu ele almak için, yüksek çözünürlüklü drone görüntüleri ve DL teknikleri kullanarak kritik temel konut stok verilerini hızla üreten bir iş akışı geliştirmek üzere bir proje başlatılmıştır. CV'den, özellikle Segment Anything Model ve CNN'lerden yararlanan bu proje, maruz kalma veri haritalarının oluşturulmasını otomatikleştirmektedir. Amaç

Devlet kurumlarının bir afet sonrasında hasarlı binaları hızlı ve uygun maliyetli bir şekilde tespit etmesini ve bir afet meydana gelmeden önce risk altındaki yapıları proaktif olarak tespit etmesini sağlar. Karayipler'de Dirençli Konut ve Altyapı için Dijital Dünya kapsamındaki bu girişim, Karayipler'deki gelişmekte olan küçük ada devletlerinde konut sektörünün iklim direncini artırmayı amaçlamaktadır. Bu metodolojinin gelecekte Asya ve Pasifik'teki ülkeler için genişletilmesi planlanmaktadır.

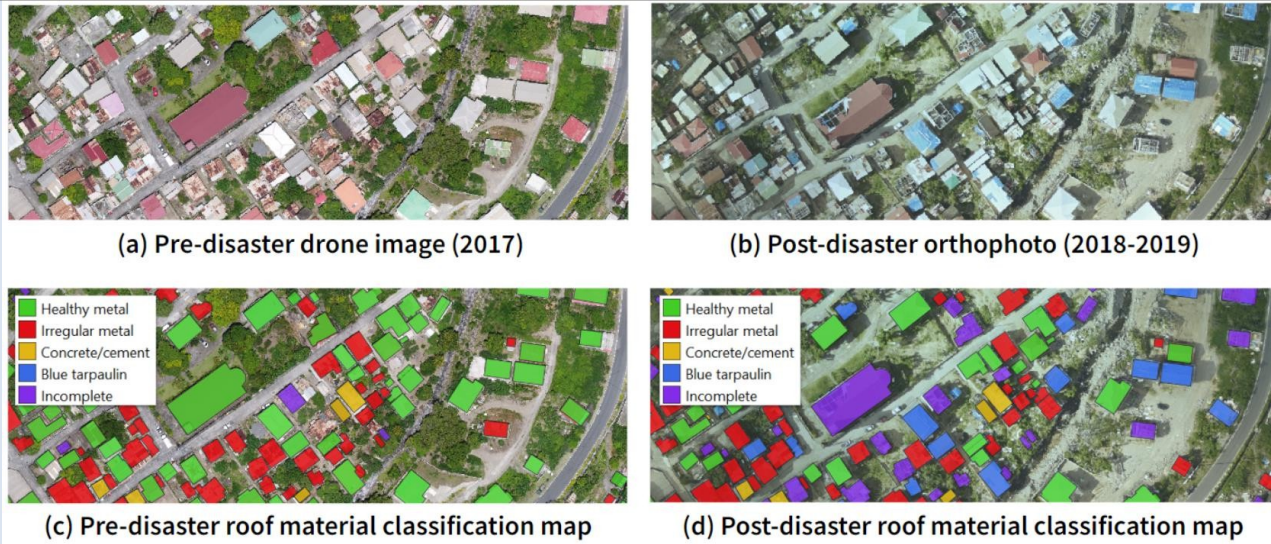
İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Adaptasyon Etkileri ve Sonuçları

Proje, Dominika (Şekil 4'teki örneğe bakınız), Saint Lucia ve Grenada için iklim riski ve kırılganlık değerlendirmeleri için gerekli olan bina ayak izi ve çatı tipi sınıflandırma haritaları üretmiştir. Ayrıca, bu değerlendirmeleri daha da desteklemek için malzeme türü, bütünlük ve durum gibi bina özellikleri sokak görünümü fotoğraflarından çıkarılmıştır.



Şekil 4. Salisbury, Dominika'daki bina ayak izlerinin yapay zeka tarafından oluşturulmuş bir haritası. Drone görüntüsü OpenAerialMap'ten alınmıştır

Şekil 5, Colihaut, Dominika'da afet öncesi ve sonrası Karayip konut sektöründe çatı malzemesi sınıflandırması ve değişikliklerinin sırasını göstermektedir. Bu dört resim, afetlerin çatı malzemeleri üzerindeki etkisini ve sınıflandırma yaklaşımının hem afet öncesi hem de sonrası bağlamlardaki etkinliğini vurgulayan karşılaştırmalı bir görsel analiz sunmaktadır.



Şekil 5. Çatı malzemesi sınıflandırma haritaları Colihaut, Dominika'da afet öncesi ve sonrası çatı malzemesi sınıflandırma haritaları

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

Başlangıçtaki zorluklardan biri, hedef bölgelerdeki maruz kalma veri boşluklarını belirlemek ve drone ve sokak görünümü görüntülerinden çıkarılabilecek ilgili bina özelliklerini tanımlamaktır. Bu proje, yapay zeka teknolojilerinin başarılı bir şekilde benimsenmesi için kapsamlı paydaş katılımının kritik önemini altını çizmiştir.

Bu çalışma aynı zamanda devlet kurumları içinde yerel kapasite oluşturma gerekliliğini ve açık kaynaklı araçlar ve veri setleri aracılığıyla kapasitenin demokratikleştirilmesinin önemini vurgulamıştır. Veri, eylem ve etki arasındaki uçurumun kapatılması teknik uzmanlar, sosyal bilimciler, hükümet paydaşları ve yerel topluluklar arasında sağlam bir işbirliği gerektirmektedir.

4.6.2.2. Afet Sonrası Yeniden İnşa Süreçlerinin Etkinleştirilmesi

Hasar değerlendirildikten ve kurtarma öncelikleri belirlendikten sonra odak noktası yeniden inşaaya kayar. Yapay zeka sistemleri, kaynak tahsisini optimize ederek, görevleri planlayarak ve güvenlik standartlarına ve yönetmeliklere uygunluğu sağlayarak yeniden inşa süreçlerinin verimliliğinde önemli ilerlemeler sağlar. Bu sistemler ayrıca güvenlik protokollerine ve yasal gerekliliklere uyulmasını sağlamak için devam eden inşaat çalışmalarını izleyerek gelecekteki güvenlik açığı riskini azaltır. Yapay zeka, bu karmaşık süreçleri kolaylaştırarak, yüksek güvenlik ve kalite standartlarını korurken yeniden yapılanma zaman çizelgesini hızlandırmaya yardımcı olur. Şimşek ve diğerleri (2023), afet sonrası yönetimde YZ'nin rolünü ve yöntemlerini değerlendirmiştir. YZ sistemlerinin afet müdahaleleri sırasında lojistik zorlukları etkili bir şekilde en aza indirebileceğini bulmuşlardır. Bulgular, YZ'nin gelişmiş verimlilik ve gerçek zamanlı değerlendirmeler yoluyla afet sonrası kurtarma çabalarını geliştirme potansiyelinin altını çizmektedir. Archie ve diğerleri (2020), sosyal medya verileri üzerinde denetimsiz öğrenme kullanarak büyük ölçekli felaketlerden sonra kritik alt olayları belirlemeye odaklanmıştır. Yöntemleri, ilgili bilgileri etkili bir şekilde filtreleyip sıralayarak acil durum müdahale ekiplerinin krizleri yönetme becerilerini geliştirmiştir. Bulgular, denetimsiz öğrenme çerçevesinin önemli alt olayları etkili bir şekilde tanımladığını ve sıraladığını, böylece acil durum müdahale ekiplerinin kaynak tahsisi ve müdahale planlaması için bilinçli kararlar almalarına yardımcı olduğunu göstermektedir. Bu afet sonrası analiz, Harvey Kasırgası ve 2015 Nepal Depremi'nden elde edilen veriler üzerinde yapılan nicel deneylerle doğrulanmış ve temel yöntemlere göre etkinliği gösterilmiştir.

Afet sonrası yönetime ek olarak, Khajwal ve diğerleri (2022), YZ ve çoklu görünüm görüntüleri kullanarak afet sonrası otomatik bina hasar sınıflandırmasının güvenilirliğine odaklanmıştır. Afet sonrası hasar tespitindeki mevcut YZ uygulamaları genellikle hasar seviyelerinin ayrıntılı sınıflandırmasından yoksundur ve sınırlı hava veya uydu görüntülerine dayanmaktadır. Bu sınırlamaları ele almak için yazarlar, binaların çoklu yer ve hava görünümünden elde edilen kapsamlı görsel verilerin kullanılmasını önermektedir. Farklı görünümlerden elde edilen bilgileri birleştirmek için Çok Görünümlü Evrişimli Sinir Ağı (MV-CNN) mimarisi kullanılmakta ve mekânsal olarak bilinçli bir hasar tahmin modeli sağlanmaktadır. Model, Harvey Kasırgası'ndan etkilenen binaların coğrafi etiketli, uzman etiketli görüntülerinden oluşan bir veri kümesi üzerinde eğitilmiş ve doğrulanmıştır. Bulgular, önerilen modelin hasar seviyelerini tahmin etmede oldukça iyi bir doğruluk elde ettiğini ve yapay zeka destekli afet yönetimi için daha güvenilir bir araç sunduğunu göstermektedir.

YZ, afet sonrası toparlanmayı başka önemli yollarla da destekler. Örneğin, yapay zeka odaklı iletişim platformları, devlet kurumları, kar amacı gütmeyen kuruluşlar ve yerel topluluklar dahil olmak üzere çeşitli paydaşlar arasında koordinasyonu kolaylaştırabilir. YZ ayrıca, halkın duyarlılığını ölçmek ve acil ihtiyaçları belirlemek için sosyal medyayı ve diğer iletişim kanallarını analiz etmek için kullanılabilir, bu da daha duyarlı ve uyarlanabilir kurtarma çabalarına olanak tanır. Buna ek olarak, YZ finansal planlama ve sigorta taleplerinin işlenmesine yardımcı olarak fonların ve kaynakların etkilenen bireylere ve işletmelere dağıtımını hızlandırabilir.

YZ'nin afete hazırlık, müdahale ve iyileştirmeye katkısı çok yönlüdür ve tahmine dayalı analitiği, müdahale koordinasyonunu, risk değerlendirmesini, erken uyarıyı, hasar tespitini ve verimli yeniden inşa süreçlerini kapsar. YZ, afetlerin olasılığını ve şiddetini tahmin etmek için geniş veri kümelerini analiz ederek erken uyarı sistemlerini ve risk değerlendirmesini geliştirir, zamanında ve hedefli müdahalelere izin verir. Müdahale aşamasında, YZ kaynak tahsisini optimize eder ve acil durum operasyonlarını kolaylaştırmak için çeşitli kaynaklardan gelen verileri entegre ederek gerçek zamanlı durumsal farkındalık yoluyla çabaları koordine eder. İyileştirme aşamasında YZ, hızlı hasar değerlendirmesini ve yeniden inşa çabaları için kaynakların verimli bir şekilde tahsis edilmesini kolaylaştırır, iyileştirme süreçlerini önceliklendirmek ve hızlandırmak için dronlar ve YZ odaklı analitik gibi teknolojileri kullanır. Bu yenilikler, afetlere anında müdahaleyi geliştirmekte ve afet yönetimi uygulamalarında uzun vadeli dayanıklılığa ve sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır. YZ teknolojileri gelişmeye devam ettikçe, gelecekteki afetlerin etkilerini hafifletmedeki rolleri giderek daha kritik hale gelecek ve toplumun direncini ve uyum kapasitesini artırmak için yeni ve yenilikçi çözümler sunacaktır.

MedEWSa (2024) tarafından yürütülen proje, hazırlık, müdahale ve kurtarma çabalarını geliştirmek için yapay zeka destekli çözümlerin kullanımına odaklanmakta ve böylece iklim değişikliğinin şiddetlendirdiği doğal tehlikelerin yarattığı zorlukları ele almaktadır. İklim direncini ve adaptasyonunu artırmada yapay zekanın yenilikçi potansiyelinin altını çizmektedir.

Etiyopya'nın Milli Parklarını Güçlendirmek: Orman Yangınlarına ve Aşırı Hava Koşullarına Karşı Dayanıklılık Oluşturmak

Ülke:

EAGÜ, Etiyopya

İlgili kuruluşlar: Bu proje çok çeşitli paydaşları içermektedir: hedef ülke ve bölgelerdeki ulusal meteoroloji ve hidroloji hizmetleri; Kızıl Haç İklim Merkezi gibi "sahadaki" STK'lar, sivil toplum kuruluşları, sivil koruma yetkilileri ve ilk müdahale kuruluşları, yerel topluluklar, akademik kurumlar; ve araştırma kuruluşları, ulusal ve bölgesel hükümetler, özel sektör ve Afrika Birliği, UNEP, UNDP, ESA gibi özel deniz feneri paydaşları. Tüm bu paydaşlar MedEWSa'nın karmaşık iklim bilgilerini eyleme geçirilebilir bilgiye dönüştürme hedefinden faydalanacaktır.

Kısa Açıklama

Aşırı hava olayları gibi doğal tehlikeler, insan kaynaklı iklim değişikliği nedeniyle daha da kötüleşmektedir. Sonuç olarak, acil durum müdahaleleri daha uzun süreli, pahalı, sık ve mevcut sınırlı kaynakları zorlayıcı hale gelmektedir. Bu durum özellikle hızla ısınan bölgelerde daha belirgindir. MedEWSa (Akdeniz ve Pan-Avrupa Doğal Tehlikelere Karşı Tahmin ve Erken Uyarı Sistemi) projesi, ilk müdahale ekiplerinin hassas bölgelere hızlı bir şekilde konuşlandırılmasını destekleyen zamanında, kesin ve eyleme geçirilebilir etki ve finans tahmini ve erken uyarı sistemleri sağlamak için yapay zeka destekli yeni çözümler sunarak bu zorlukları ele almaktadır.

Etiyopya'daki özel bir pilot uygulama, biyolojik çeşitliliği ve turizm açısından önemi yüksek üç milli parka odaklanmaktadır: Simien, Bale Dağları ve Gambella Ulusal Parkı. İzleme ve tahmin araçlarına dayalı bütüncül bir orman yangını yönetimi yaklaşımı, çok farklı bağlamlarda hazırlık, müdahale ve toparlanmaya fayda sağlar: yüksek/düşük kapasite, yoğun/ seyrek nüfuslu alanlar ve insan yaşamı/ekosistem hizmetlerinin korunmasına odaklanma. MedEWSa, çeşitli tamamlayıcı hizmetlerden oluşan sofistike, kapsamlı ve yenilikçi bir pan-Avrupa Akdeniz-Afrika çözümü sunacaktır. Mevcut araçları temel alan MedEWSa, tam entegre etki tabanlı çoklu tehlike EWS'si geliştirecektir.

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Uyum Etkileri ve Sonuçları

Seçilen sekiz pilot saha (Avrupa, Güney Akdeniz ve Afrika'da doğal tehlikelerden ve basamaklı etkileri olan aşırı olaylardan etkilenen bölgeler) aracılığıyla dört MedEWSa ikiz sahası oluşturulacaktır:

1. İkiz #1: Yunanistan (Attika) - Etiyopya (Ulusal Parklar): orman yangınları ve aşırı hava olayları (kuraklık, rüzgar)
2. İkiz #2: İtalya (Venedik) - Mısır (İskenderiye / Nil Deltası): kıyı taşkınları ve fırtına dalgalanmaları
3. İkiz #3: Slovakya (Kosice) - Gürcistan (Tiflis): sel ve toprak kaymaları
4. İkiz #4: İspanya (Katalonya) - İsveç (ülke çapında): sıcak hava dalgaları, kuraklıklar ve orman yangınları.

İkizler, farklı iklimsel/fizyografik koşullara sahip ancak benzer tehlikelere maruz kalan bölgeler arasında köprü oluşturacak ve uzun vadeli çift yönlü bilgi aktarımı sağlamak için iyi bir konuma sahip olacaktır. MedEWSa'da geliştirilen araçların aktarılabilişliğini ve çok yönlülüğünü göstereceklerdir.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

MedEWSa mevcut Karar Destek Veri Sistemini şu yollarla geliştirecektir:

-
- Aktif yangının tanımlanmasından gerçek zamanlı simülasyonlara, yüksek riskli alanların değerlendirilmesine, uyarıların üretilmesine ve sonuç olarak müdahale süresinin optimize edilmesine kadar süreç zincirinin otomatikleştirilmesi.
- Özellikle kentsel-kırsal arayüzde mekansal çözünürlüğü iyileştirerek ve alt mevsimsel ve mevsimsel zaman ölçeklerinde göstergeler geliştirerek mekansal-zamansal bilginin artırılması.
- Büyük ölçekli alanlar için yangın yayılma kabiliyeti (karışık rüzgar senaryoları, simülasyon süresi optimizasyonu) ve orman yangını tehlike derecelendirme sistemi ile ilgili model ve sistemlerin geliştirilmesi.
- Erken müdahale (risk altındaki bölgelerde devriye gezme) ve FR'lerin hızlı konuşlandırılması, azaltma önlemleri (öngörülen yakmalar) ve hazırlık faaliyetlerini tetiklemek için Standart İşletim Prosedürleri ve Orman Yangını Bülteni'nin güncellenmesi.

4.7. İklim Eyleminde Üretken Yapay Zeka Uygulamaları

GenAI, karmaşık zorluklara gelişmiş çözümler sunarak çeşitli alanları dönüştüren, iklim değişikliğini hafifletme ve uyum çabalarına katkıda bulunma potansiyeli nedeniyle önemli ölçüde dikkat çeken yeni bir alandır. Bu durum, GenAI'nin dayanıklılığın güçlendirilmesi, aşırı hava tahminlerinin iyileştirilmesi, iklim olaylarının simüle edilmesi, iklim değişikliğiyle mücadelenin desteklenmesi

doğaya dayalı çözümler ve karar verme ve verimliliğin artırılması. Ancak, başlangıçtaki heyecana ve bu umut verici keşif çalışmalarına rağmen, GenAI'nin bu alandaki etkisi henüz pratik, dönüştürücü şekillerde tam olarak gerçekleşmemiştir.

4.7.1. Üretken Yapay Zeka ve Büyük Dil Modelleri Üzerine Gelişen Araştırmalar

Butler ve Lupton (2024), yeni üretici YZ araçlarının çevre ve ekosistemle ilgili bağlamlarda nasıl uygulandığını araştıran bir kapsam incelemesi yapmıştır. GenAI ve LLM'lerin şu anda ortaya çıkan araştırma projelerinde ve endüstri uygulamalarında kullanıldığı çeşitli alanları tanımlamaktadırlar. Vurgulanan temel uygulamalar arasında tarım ve bitki yetiştirme, çevresel sürdürülebilirlik çabaları, biyoçeşitliliğin korunması, iklim değişikliği girişimleri ve doğa koruma programları yer alıyor. Çalışmada ayrıca, üretken YZ ve LLM'leri desteklemek için gereken üretim, eğitim ve altyapı ile ilgili çevresel maliyetler ve etik kaygılar da incelenmiştir.

Hirn ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan çalışma, GenAI kullanarak çeşitli ekolojik topluluklarda türlerin bir arada bulunmasının karmaşık modellerini araştırmıştır. Bu örüntülerin anlaşılması biyoçeşitliliğin korunması için çok önemlidir, ancak geleneksel deneysel yaklaşımlar türler arasındaki dolaylı etkileşimlerin neden olduğu karmaşıklıkla mücadele etmektedir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için yazarlar, bitki örtüsü yamalarında türlerin bir arada bulunmasını tahmin etmek için en yeni makine öğrenimi tekniklerini, özellikle de Üretken Çekişmeli Ağları (GAN'lar) ve Varyasyonel Otomatik Kodlayıcıları (VAE'ler) uyguladılar. GAN'lar gerçekçi tür kompozisyonlarının yeniden üretilmesinde ve türlerin farklı toprak türlerine yönelik tercihlerinin belirlenmesinde oldukça etkili olmuştur. Benzer şekilde, VAE'ler de %99'un üzerinde bir doğruluk oranına ulaşarak yüksek doğruluk göstermiştir. Çalışma, yüksek dereceli tür etkileşimlerinin tipik olarak daha basit etkileşimlerde görülen olumlu etkileri bastırma eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar, yapay olarak üretilen verileri analiz ederek, farklı yamalarda daha fazla biyoçeşitliliği teşvik edebilecek öncü türleri belirleyebildi. Bulgular, geleneksel yöntemlerin sınırlamalarını aşarak ve türlerin bir arada yaşaması ve topluluk oluşumuna ilişkin yeni içgörüler sunarak ekolojik araştırmaları ilerletmede üretken yapay zekanın potansiyelini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, karmaşık ekosistemlerde biyoçeşitliliğin sürdürülmesinin daha derinlemesine araştırılması için fırsatlar sunuyor.

Paramesha ve diğerleri (2024) GenAI modellerinin, özellikle de ChatGPT'nin entegre edilmesinin birden fazla alanda dayanıklılığı nasıl önemli ölçüde destekleyebileceğini araştırmıştır. Çalışma, ChatGPT'nin iletişimi geliştirdiğini, politika geliştirmeye yardımcı olduğunu ve iklim direncinde etkili karar verme ve hazırlık için kritik olan gerçek zamanlı veri analizi sağladığını göstermektedir. Kentsel bağlamlarda ChatGPT, kaynak yönetimini optimize etmeye, tehlikeleri tahmin etmeye ve toplulukların katılımını sağlamaya yardımcı olarak şehir direncini güçlendiriyor. İş sürekliliği ve kriz yönetimi için GenAI modeli, risk değerlendirmesi ve kriz müdahalesi için araçlar sunarak kuruluşların kesintiler sırasında sağlam kalmasını sağlar. Ayrıca ChatGPT, iletişimi ve ruh sağlığı desteğini kolaylaştırarak topluluk ve sosyal dayanıklılığı destekler. Siber güvenlik alanında ChatGPT, tehdit tespitini ve olay yönetimini geliştirerek kurumsal savunmayı güçlendirir. Bu çalışma, ChatGPT gibi GenAI teknolojilerinin daha uyumlu, bilgili ve birbirine bağlı bir küresel topluluk oluşturmadaki araçsal rolünü vurgulamakta ve sonuçta sürdürülebilir kalkınmaya ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Bu gelişmelere dayanarak, alana özgü LLM'lerin bir model ailesi olan ClimateGPT'nin tanıtımı, yapay zekanın iklim bilimine uygulanmasında önemli bir sıçramaya işaret etmektedir (Thulke ve ark. 2024). ClimateGPT, iklim değişikliğiyle ilgili disiplinler arası araştırmaları sentezleyerek iklim biliminin çeşitli yönleri hakkında derinlemesine, doğru ve erişilebilir içgörüler sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bu aile, ClimateGPT-7B, 13B ve 70B gibi, her biri iklimle ilgili bilgi ihtiyaçlarının farklı yönlerini ele almak üzere uyarlanmış çok sayıda model boyutu içermektedir. Ruhu içinde

ClimateGPT'nin tüm sürümleri şeffaflık ve işbirliği çerçevesinde kamuya açık hale getirilmiştir. Bu açıklık, yaygın erişimi ve kullanımı kolaylaştırarak yapay zeka odaklı iklim çözümlerinde daha fazla araştırma, geliştirme ve yeniliği teşvik etmektedir.

Sha ve arkadaşları (2024), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki aşırı yağış olaylarının olasılıklı tahminlerini geliştirmek için 3 Boyutlu Görüntü Dönüştürücüyü (ViT) Gizli Difüzyon Modeli (LDM) ile birleştiren yenilikçi bir yöntem önermiştir. Bu yaklaşım, mekansal-zamansal olarak tutarlı yağış yörüngeleri üreterek 6 saatlik yağış topluluğu tahminlerinin doğruluğunu artırır. İklim Kalibrasyonlu Yağış Analizi (CCPA) verilerine göre doğrulanan bu geliştirilmiş tahminler, daha iyi Sürekli Sıralı Olasılıksal Beceri Puanları (CRPSS'ler) ve Brier Beceri Puanları (BSS'ler) ile gösterildiği gibi, aşırı yağış olaylarını tahmin etmede gelişmiş beceri göstermektedir. Bu çalışma, GenAI'nin küçük sayısal toplulukların sınırlamalarını nasıl ele alabileceğini ve aşırı yağış olaylarını etkili bir şekilde tanımlamak için gerekli olan daha büyük ve daha doğru toplulukları nasıl sağlayabileceğini göstermektedir.

McCormack ve Grierson (2024), iklim felaketlerine hazırlık amacıyla gerçekçi simülasyonlar oluşturmak için GenAI teknolojilerinin kullanımını araştırmıştır. Çalışmanın odak noktası, kullanıcıların aşırı iklim olaylarının etkilerini güvenli bir şekilde deneyimlemelerine olanak tanıyarak daha iyi planlama ve hazırlıklı olmayı kolaylaştıran sürükleyici ve anlatı odaklı simülasyonlardır. Çalışma, GenAI modellerinin mevcut yeteneklerini inceliyor ve simülasyon gerçekçiliğini artırmak için gereken gelecekteki gelişmeleri tartışıyor. Bu yaklaşım, paydaşların gerçek olaylar meydana gelmeden önce etkili bir şekilde planlama yapmalarına ve müdahale etmelerine yardımcı olacak senaryolar oluşturmak için GenAI'yi kullanarak iklimle ilgili felaketlere hazırlanmada deneyimsel öğrenmenin değerini vurgulamaktadır.

Richards ve diğerleri (2024), GenAI'nin doğa temelli çözümlerin iletişimini ve uygulanmasını otomatikleştirme ve ölçeklendirme potansiyelini araştırmıştır. Çalışma üç örnek sunmaktadır: çiftlikler için ekosistem hizmetleri ve arazi kullanım seçeneklerinin raporlanması, biyoçeşitlilik dostu bahçe tasarımı için interaktif rehberlik sağlanması ve doğa temelli ve teknolojik çözümleri entegre eden gelecekteki peyzaj senaryolarının görselleştirilmesi. Bunlar, GenAI'nin doğaya dayalı tasarım stratejilerinin yaygınlaştırılmasını nasıl kolaylaştırabileceğini, daha geniş bir kitleye nasıl ulaşabileceğini ve sürdürülebilirliği nasıl teşvik edebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, çalışma aynı zamanda GenAI ile ilişkili önyargı, yanlış bilgilendirme, veri gizliliği sorunları, güvensizlik ve yüksek enerji tüketimi gibi riskleri de vurgulamaktadır. Yazarlar, faydaları en üst düzeye çıkarmak ve bu riskleri azaltmak için etik, kamuoyu tarafından kabul edilebilirlik ve kullanıcı deneyimi konularında entegre sosyal araştırmalar yapılması çağrısında bulunuyor.

Üretken yapay zeka teknolojileri, dayanıklılığı artırmak, aşırı hava tahminlerini iyileştirmek, iklim olaylarını simüle etmek ve doğa temelli çözümleri desteklemek için giderek daha kullanışlı hale gelmektedir. İncelenen çalışmalar, GenAI'nin çeşitli sektörlerdeki çeşitli uygulamalarını ve ilerici potansiyelini göstermektedir. Bununla birlikte, bu teknolojilerin sorumlu ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamak için ilgili riskleri ve etik hususları ele almak çok önemlidir. GenAI'nin gücünü insan uzmanlığı ile birlikte kullanarak, karmaşık zorlukların üstesinden gelebilir ve daha dirençli ve sürdürülebilir bir gelecek inşa edebiliriz.

GenAI'nin iklim eylemindeki rolüne ilişkin mevcut araştırmalar, öncelikle deneysel çalışmalardan ve ilk prototiplerin geliştirilmesinden oluşmaktadır. Bu çalışmalar, GenAI'nin çevresel değişiklikler için öngörücü modeller oluşturmak, kaynak yönetimi stratejilerini optimize etmek ve hatta diğer AI sistemlerinin eğitimini iyileştirmek için sentetik veriler üretmek gibi iklim değişikliğinin çeşitli yönlerine nasıl uygulanabileceğini göstermektedir. Örneğin, GenAI farklı iklim politikalarının küresel ekosistemler üzerindeki etkisini simüle edebilir. Bununla birlikte, bu uygulamaların çoğu kavramsal veya erken test aşamalarında kalmaktadır ve çok azı geniş ölçekte uygulanmıştır.

gerçek dünya ortamlarında. Teorik potansiyel ile pratik etki arasındaki uçurum, GenAI'nin iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonuna gerçekten katkıda bulunabilmesi için ele alınması gereken çeşitli zorlukları vurgulamaktadır.

Önemli bir zorluk, iklim sisteminin kendisinin karmaşıklığıdır. İklim değişikliği birbirine bağlı çok sayıda faktörden etkilenmekte, bu da sonuçların hassas bir şekilde modellenmesini ve tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır. GenAI, güçlü olmasına rağmen, verilerin kalitesi ve kullanılabilirliğinin yanı sıra karmaşık, dinamik sistemleri uzun süreler boyunca doğru bir şekilde simüle etme yeteneği ile sınırlıdır. Bu durum, kontrollü ortamlarda iyi çalışan ancak gerçek dünyaya uygulandığında doğru veya eyleme geçirilebilir içgörüler sunmakta zorlanan modellere yol açabilir.

Buna ek olarak, GenAI'nin mevcut iklim eylem çerçevelerine entegrasyonu sadece teknik yenilikten daha fazlasını gerektirmektedir. Sadece YZ araştırmacılarını değil, aynı zamanda iklim bilimcilerini, politika yapıcıları ve endüstri paydaşlarını da içeren disiplinler arası işbirliğini gerektirir. Bu işbirliği, YZ tarafından üretilen çözümlerin pratik, etik ve daha geniş iklim hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamak için çok önemlidir. Ancak, disiplinler arasındaki uzmanlık, öncelikler ve yaklaşımlardaki farklılıklar nedeniyle bu tür bir işbirliğini teşvik etmek zor olabilir.

Bir başka engel de GenAI'nin iklim eyleminde kullanılmasının etik ve toplumsal sonuçlarıdır. Özellikle büyük nüfusları veya kritik çevresel kaynakları etkileyen kararlar almak için kullanıldıklarında, YZ sistemlerinin şeffaflığı ve hesap verebilirliği konusunda endişeler vardır. GenAI'nin istenmeyen sonuçlara karşı önlemler alınarak sorumlu bir şekilde kullanılmasını sağlamak, güven oluşturmak ve bu teknolojilerin iklim hedeflerine olumlu katkıda bulunmasını sağlamak için çok önemlidir. Dahası, GenAI'nin geniş ölçekte kullanılması, hesaplama gücü, yüksek kaliteli verilere erişim ve sağlam düzenleyici çerçeveler dahil olmak üzere önemli kaynaklar ve altyapı gerektirir. Bu gereksinimler, özellikle kaynakların sınırlı olduğu veya SIDS ve LDC'ler gibi iklim etkilerinin en şiddetli olduğu bölgelerde engelleyici olabilir.

Genel olarak, GenAI iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonuna katkıda bulunmak için büyük umut vaat etse de, bu alan hala gelişimin ilk aşamalarında. Mevcut araştırma birikimi umut verici olsa da henüz yaygın ve dönüştürücü uygulamalara dönüşmemiştir. Veri kalitesi, disiplinler arası işbirliği, etik hususlar ve kaynak bulunabilirliği gibi zorlukların üstesinden gelmek, iklim değişikliğini ele almada üretken yapay zekanın tam potansiyelini gerçekleştirmek için çok önemli olacaktır. Bu zorluklar ele alınana kadar, GenAI'nin iklim eylemi üzerindeki etkisi büyük ölçüde teorik olarak kalacak ve ilk keşifleri pratik, ölçeklenebilir çözümlere dönüştürmek için çok fazla çalışma yapılması gerekecektir.

4.7.2. SIDS ve LDC'ler için LLM Uygulamaları

LLM'ler, özellikle kaynakların ve uzmanlığın genellikle sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde oyunun kurallarını değiştirme potansiyeli sunan, iklim eyleminde umut verici yeni bir sınırı temsil etmektedir. Bu teknolojileri çevreleyen önemli heyecana rağmen, birçok LLM uygulamasının hala gelişimin ilk aşamalarında olduğunu ve bu alandaki araştırmaların henüz emekleme aşamasında olduğunu kabul etmek önemlidir. Bununla birlikte, LLM'lerin erişilebilirliği ve satın alınabilirliği, bu bölgelerin iklim direncini ve sürdürülebilirliğini artıracak en son teknolojiden ve yenilikçi çözümlerden yararlanmaları için eşsiz bir fırsat sağlayacaktır.

Gelişmekte olan ülkeler, özellikle de SIDS ve LDC'ler için, LLM'ler kaynak kısıtlamaları ve teknik uzmanlıkla ilgili engelleri aşmak için güçlü araçlar olarak hizmet edebilir. Bu bölgeler, LLM'lerin yeteneklerinden yararlanarak, daha önce erişilemeyen gelişmiş tahmin modelleme, veri analizi ve karar verme araçlarına erişim sağlayabilir. Bu alanlardaki LLM uygulamalarının potansiyel etkisi, iklim eylemi için kritik olan çeşitli sektörlerde anlamlı iyileştirmeler sağlayabilecekleri için önemlidir.

Climind projesi, Climind platformu (CLIMIND 2024) aracılığıyla yapay zekanın Hong Kong'daki iklim eylem stratejilerine entegrasyonunu araştırmaktadır. Bu yapay zeka girişimi, iklim değişikliği sorunlarıyla mücadelede karar verme ve operasyonel verimliliği artırmak için gelişmiş LLM'lerden ve Geri Getirme-Artırılmış Nesilden (RAG) yararlanmaktadır.

İklim Çözümleri için Yapay Zeka

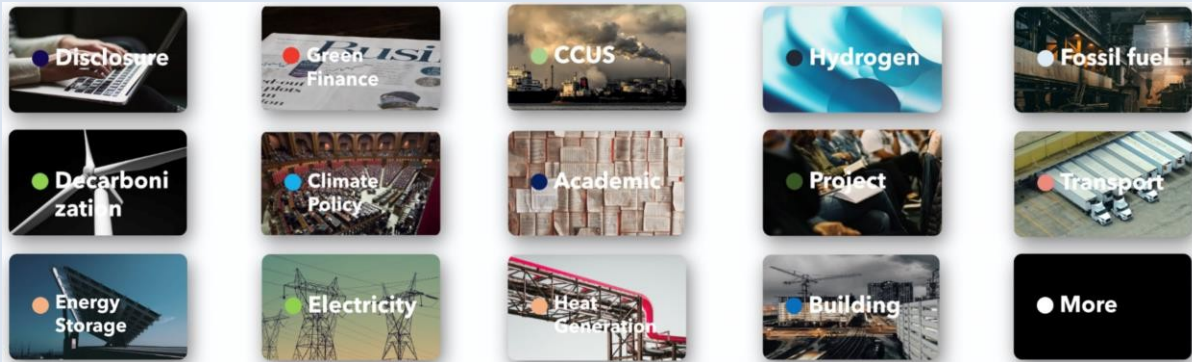
Etkinleştirici Ülke:

Hong Kong

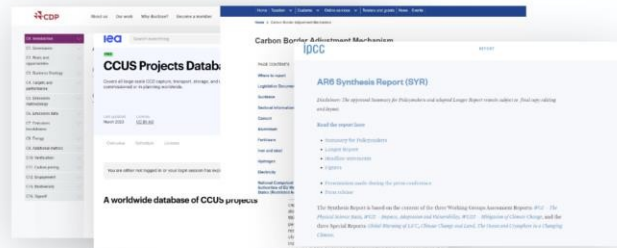
İlgili Kuruluşlar: CLIMIND

Kısa Açıklama

Climind, LLM'lerin ve Retrieval-Augmented Generation'ın (RAG) gücünden yararlanarak iklim değişikliğinin karmaşıklıklarının üstesinden gelmek için tasarlanmış bir yapay zeka platformudur. Gelişmiş NLP yetenekleri aracılığıyla iklim eyleminde karar verme ve verimliliği artıran bir dizi özellik sunar. Temel işlevler arasında uzman arama yetenekleri sağlayan Climind Ask, endeksli arama ile Climind Read ve düzenleyici belgelerin yapay zeka destekli analizi yer almaktadır. Climind, kapsamlı kurumsal iklim verilerini azaltım önlemleriyle entegre ederek (Şekil 6) hassas rapor oluşturma, karbon fiyatlandırma içgörülerini, iklim riski değerlendirmeleri ve karbon ticareti bilgileri sağlar.



- Climind features a database and corpus spanning 14 industry categories and 7 professional sources, including green finance, climate policy, CCUS, sustainable disclosure, and renewable energy.
- It integrates diverse information from academic research, government reports, industry analyses, and experimental data from entities like IPCC, IEA, CDP, and the World Bank.



Şekil 6. Veri tabanları Veritabanları ve derlem

Climind LLMs Corpus (partial)

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Uyum Etkileri ve Sonuçları

Yapay zeka destekli bir iklim yardımcı pilotu olan Climind, iklim değişikliğini hafifletme ve uyum çabalarını önemli ölçüde etkilemiştir. Climind, kapsamlı ve eyleme geçirilebilir bir iklim verisi altyapısına erişim sağlayarak hassas iklim politikası/haber araştırması, kapsamlı iklim riski değerlendirmeleri ve daha fazlasını mümkün kılmaktadır. Climind'in yapay zeka odaklı içgörülerini, sürdürülebilir finans girişimlerini desteklemekte, şirketlere karbon ayak izlerini azaltma ve enerji verimliliğini artırma konusunda rehberlik etmektedir. Ayrıca Climind, politika yapımcıların etkili iklim stratejileri geliştirmelerine yardımcı olarak düşük karbonlu bir ekonomiye doğru küresel geçişe katkıda bulunur.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

Climind'in geliştirilmesi ve uygulanması çeşitli zorluklarla karşılaştı. En önemli sorunlardan biri, genel yapay zeka modelleri öncelikle internet verileri üzerinde eğitildiğinden, gerçek ve gerçek zamanlı iklim verilerinin eksikliği idi. Bu verilerin iklim uygulamaları için faydalı olacak şekilde yapılandırılmasının zaman alıcı ve maliyetli olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, iklim sektöründe YZ'nin yavaş benimsenmesi de önemli bir engel teşkil etmiştir. Bu zorluklara rağmen, sektörün yapay zekayı benimsemesini hızlandırmanın çok önemli olduğu ortaya çıktı. Climind'in ESG raporlaması ve IPCC literatür incelemesinin geliştirilmesi gibi zaman alan görevlerdeki potansiyel uygulaması, iklim biliminde verimlilik ve hız ihtiyacını vurguladı. Bu deneyim, iklim eylemini geliştirmek için sürekli inovasyonun ve ileri teknolojilerin entegrasyonunun öneminin altını çizmiştir.

LLM'ler, gelişmekte olan ülkelerdeki daha küçük kuruluşların ve yeni girişimlerin sıfırdan eğitmeye gerek kalmadan yararlanabileceği API'ler ve platformlar aracılığıyla önceden eğitilmiş modellerin (ör. GPT, BERT) kullanılabilirliği nedeniyle gerçekten de giderek daha erişilebilir hale gelmektedir. Bu artan erişilebilirlik ve satın alınabilirlik, bu kuruluşların iklim sorunlarını daha etkili bir şekilde ele alan yapay zeka odaklı çözümleri uygulaması ve ölçeklendirmesi için yeni fırsatlar sunmaktadır. LLM'lerin ortaya çıkan uygulamaları (Tablo 4), bu bölgelerle son derece ilgili olan ve iklim direncini ve sürdürülebilirlik çabalarını önemli ölçüde artırabilecek kullanım durumlarına odaklanarak, EAGÜ'ler ve SIDS için özellikle umut vaat etmektedir.

Uygulama Alanı	Kullanım Örneği
Bilgiye Erişim ve Kapasite Geliştirme	- Yerelleştirilmiş iklim verileri ve uyum stratejileri sağlayan çok dilli iklim bilgisi sohbet robotları - Kişiselleştirilmiş iklim değişikliği müfredatı sunan yapay zeka destekli eğitim platformları - Yerel yetkililerin iklim düzenlemelerini anlamasına ve uygulamasına yardımcı olan interaktif politika kılavuzları - İklim bilimcileri ve araştırmacıları veri analizi ve literatür taramasında destekleyen sanal asistanlar - İngilizce bilmeyenlerin küresel iklim araştırmalarına erişimini kolaylaştıran dil çeviri hizmetleri
İklim Dirençli Tarım	- Çiftçilere ürün yönetimi tavsiyeleri ve pazar bilgileri sağlayan diyaloga dayalı yapay zeka sistemleri - Yerel tarımsal planlama için hava tahminlerini ve uydu görüntülerini yorumlayan LLM destekli uygulamalar - Haşere tanımlama ve yönetim stratejilerine yardımcı olan sanal tarım uzmanları - Geleneksel ekolojik bilginin belgelenmesi ve paylaşılması için yapay zeka güdümlü sistemler - Chatbot'lar küçük ölçekli çiftçilerin iklim-akıllı tarım tekniklerine erişmesine yardımcı oluyor
Afete Hazırlık ve Müdahale	- Kişiselleştirilmiş acil durum talimatları sunan çok dilli erken uyarı sistemleri - Afet müdahale koordinatörlerini kaynak tahsisi ve lojistik konularında destekleyen yapay zeka asistanları - İklimle ilgili afetler sırasında ruh sağlığı desteği ve başa çıkma stratejileri sağlayan sohbet robotları - Afet sonrası hızlı hasar tespiti ve ihtiyaç analizi için LLM ile geliştirilmiş sistemler - Yerel afet hazırlık planlarının geliştirilmesi ve güncellenmesine yardımcı olan sanal ajanlar
İklim Göçü	- İklim ve Doğal tehlike erken uyarı sistemleri - İnsani ve ekonomik kayıplara karşı erken eylem ve afet riskinin azaltılması için göç erken uyarısı - İklim değişikliği ve doğal afet izleme

	• Önleme, hazırlıklı olma, müdahale ve toparlanmayı ele almak için insan hareketliliği ve göçünün izlenmesi ve tahmine dayalı analizi
İklim Finansmanı ve Proje Geliştirme	• İklim projeleri fon başvuruları için yapay zeka destekli teklif yazma asistanları • Ulusal olarak belirlenen katkıların (NDCs) geliştirilmesini destekleyen LLM sistemleri • Altyapı projeleri için iklim riski değerlendirmelerinde yardımcı olan sanal danışmanlar • Chatbot'lar küçük işletmelere yeşil sertifikasyon süreçlerinde rehberlik ediyor • İklim projelerinin izlenmesi, raporlanması ve doğrulanmasını (MRV) destekleyen yapay zeka asistanları
Politika Analizi ve Karar Destek	• Karar vericiler için iklim politikası belgelerini analiz eden ve özetleyen LLM tabanlı sistemler • İklim adaptasyon planlaması için yapay zeka güdümlü senaryo analiz araçları • İklim dirençli düzenlemelerin geliştirilmesine yardımcı olan sanal politika danışmanları • Sosyal medya verilerinden iklim politikalarına ilişkin kamuoyu görüşünü ölçen duyarlılık analizi araçları • Katılımcı iklim planlaması için LLM ile geliştirilmiş paydaş katılım platformları
Temiz Teknolojilerin Benimsenmesi	• Yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulumu ve bakımı sırasında kullanıcılara rehberlik eden yapay zeka asistanları • Evler için enerji tasarrufu ipuçları ve kişiselleştirilmiş öneriler sunan sohbet robotları • Temiz enerji teknolojilerinin sorunlarının giderilmesini destekleyen sanal teknisyenler • Yerel olarak uygun temiz teknolojiler hakkında bilgi paylaşımını kolaylaştıran LLM destekli platformlar • Temiz teknolojilerin yerel bağlamlara ve ihtiyaçlara uyarlanmasına yardımcı olan yapay zeka sistemleri
Biyçeşitliliğin Korunması	• Türlerin belirlenmesi ve ekosistemin izlenmesi için LLM ile geliştirilmiş vatandaş bilimi platformları • Biyoçeşitlilik bilgisinin belgelenmesi ve korunmasında yerli toplulukları destekleyen yapay zeka asistanları • Korunan alanlar ve koruma yönergeleri hakkında bilgi veren sanal korucular • Chatbot'lar turistleri sorumlu eko-turizm uygulamaları konusunda eğitiyor • Koruma planlaması için biyoçeşitlilik verilerinin analizine yardımcı olan LLM sistemleri
İklim İletişimi ve Farkındalık	• Mesajları bireysel kaygılara ve değerlere göre uyarlayan yapay zeka destekli kişiselleştirilmiş iklim iletişimi • LLM destekli doğruluk kontrol araçları iklim konusundaki yanlış bilgilerle mücadele ediyor • İklim bilimi ve eylem konusunda interaktif dersler veren sanal iklim eğitimcileri • Duygu analizi araçları iklim iletişimcilerinin mesaj stratejilerini iyileştirmelerine yardımcı oluyor • Vatandaşları yerel iklim girişimlerine ve gönüllü fırsatlarına dahil eden sohbet robotları

Tablo 4. EAGÜ'ler ve SIDS için İklim Direncini ve Sürdürülebilirliğini Artırmada Geniş Dil Modellerinin Ortaya Çıkan Uygulamaları

LLM'ler giderek daha erişilebilir hale gelirken, gelişmekte olan ülkeler, özellikle de SIDS ve LDC'ler için daha erişilebilir olmadıkları iddiası geçerliliğini korumaktadır. Hesaplama talepleri, yüksek ince ayar maliyetleri ve dağıtım zorlukları, özellikle kaynakların kısıtlı olduğu bölgelerde önemli engeller oluşturmaktadır.

Bu modelleri etkin bir şekilde eğitmek ve dağıtmak için gereken kapsamlı veriler, bilgi işlem gücü, büyük ölçekli veri merkezleri ve uzmanlık genellikle yalnızca gelişmiş ülkelerdeki büyük teknoloji şirketleri veya kurumları tarafından kullanılabilir ve bu da YZM'leri geliştirmekte olan bölgelerdeki birçok kurum için ulaşılamaz hale getirir. Buna karşılık, daha düşük hesaplama gereksinimlerine sahip daha küçük YZ/ML modelleri, SIDS ve LDC'ler gibi kaynakların kısıtlı olduğu ortamlarda kullanım için genellikle daha pratik ve erişilebilirdir ve YZ erişilebilirliğindeki kritik eşitsizlikleri vurgulamaktadır.

Ayrıca, başlıca LLM'lerin çoğu ağırlıklı olarak İngilizce veriler üzerinde eğitilmektedir, bu da İngilizce konuşulmayan bölgelerdeki uygunluklarını ve etkinliklerini sınırlamaktadır. Yerel dil ve lehçelerin baskın olduğu geliştirmekte olan ülkelere bu modellerin faydası azalmaktadır. Bu dil önyargısı, kültürel olarak alakalı içerik üretmede veya bölgesel nüansları anlamada daha düşük performansa yol açarak dijital uçurumu daha da genişletebilir (daha fazla ayrıntı için bkz. Alt Bölüm 6.3.).

LLM'lerin geliştirilmesi ve eğitimi OpenAI, Google ve Meta gibi birkaç büyük kuruluş tarafından kontrol edilmektedir. Bu merkezileşme, özellikle geliştirmekte olan ülkelerdeki küçük oyuncuların bu modellerin yönü ve odağı üzerinde çok az etkisi olduğu ya da hiç etkisi olmadığı anlamına gelmektedir. Bu tür modellerin eğitiminin yüksek maliyeti de onları birçok kuruluş için ulaşılamaz hale getirmekte ve YZ erişimi ve gelişimindeki mevcut eşitsizlikleri pekiştirmektedir.

LLM'lere erişimdeki eşitsizliklerin, bilginin temsili ve YZ sistemlerine dahil edilmesi için daha geniş etkileri vardır. LLM'ler orantısız bir şekilde gelişmiş bölgelerden gelen veriler üzerinde eğitildiklerinden, genellikle dünya çapında eşitlikçi ve ilgili YZ sistemleri oluşturmak için çok önemli olan çeşitli küresel perspektifleri yakalamakta başarısız olmaktadır.

Genel olarak, LLM'ler OpenAI gibi platformlar aracılığıyla teknik olarak erişilebilir olsa da, bunların geliştirilmesi, eğitimi ve pratik faydası büyük ölçüde iyi kaynaklara sahip kuruluşlarla sınırlı kalmaktadır ve bu da onları daha küçük, daha uzmanlaşmış YZ/ML modellerine kıyasla geliştirmekte olan ülkeler için daha az erişilebilir hale getirmektedir. Bu zorlukların ele alınması, çok dilli eğitim verileri, açık kaynaklı girişimler ve farklı yerel bağlamlara daha kolay uyarlanabilen ölçeklenebilir YZ modelleri de dahil olmak üzere YZ kaynaklarının demokratikleştirilmesine yönelik hedefli çabalar gerektirmektedir.

4.8. Eğitim ve Toplum Katılımı

Eğitim ve toplum katılımı, iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik küresel çabanın kritik bileşenleridir. YZ, iklim bilgilerini daha erişilebilir, ilgi çekici ve eyleme geçirilebilir hale getirerek bu çabaları geliştirebilecek yenilikçi araçlar ve yaklaşımlar sunmaktadır. YZ yetenekleri, toplulukların iklim sorunlarına ilişkin anlayışlarını geliştirmelerini, sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmelerini ve bir esneklik ve proaktif uyum kültürünü teşvik etmelerini sağlar. YZ'nin eğitimi ve toplum katılımını destekleyebileceği ve toplumların sürdürülebilir bir geleceğe yönelik bilinçli eylemlerde bulunmalarını sağlamaya katkıda bulunabileceği çeşitli yollar vardır.

4.8.1. İklim Eylemi için Yapay Zeka Farkındalığının Artırılması

Yapay zeka, veri görselleştirme, tahmine dayalı modelleme ve senaryo analizi için güçlü araçlar sağlayarak iklim eylemi konusunda farkındalığın artırılmasında kritik bir rol oynayabilir. Bu araçlar iklim değişikliğinin etkilerini göstermeye, azaltım ve uyum stratejilerinin faydalarını vurgulamaya ve harekete geçmenin aciliyetini göstermeye yardımcı olabilir.

Teknoloji Mekanizmasının politika ve uygulama kolları olarak TEC ve CTCN, #AI4ClimateAction Girişimi (UNFCCC 2024a) üzerinde işbirliği yapmaktadır. Bu girişim, özellikle geliştirmekte olan ülkelere, EAGÜ'lere ve SIDS'lere odaklanarak, azaltım ve uyum eylemi için dönüştürücü iklim çözümlerini ilerletmek ve ölçeklendirmek için YZ'den yararlanmayı amaçlamaktadır. Politika tartışmaları için bir platform sağlar, **YZ'nin**

potansiyeli, paydaşlar arasında bilgi alışverişini kolaylaştırır ve YZ'den yararlanmak ve yerel olarak yönetilen iklim çözümleri geliştirmek için kapasite geliştirme çabalarını destekler. Kamuoyu bilinçlendirme kampanyaları, mesajları kişiselleştirmek ve sosyal medya ve diğer dijital platformlar aracılığıyla daha geniş bir kitleye ulaşmak için yapay zekadan yararlanabilir. Ayrıca YZ, iklim eylemi mesajlarının farklı kitlelerde yankı bulmasını sağlayarak kilit demografik özelliklerin belirlenmesine ve hedeflenmesine yardımcı olabilir. **Bununla birlikte, TEC ve CTCN'nin şu anda YZ'yi sosyal medya amaçları için kullanmadıklarını, bunun yerine YZ'nin iklim eylemindeki rolü hakkında farkındalık yarattıklarını belirtmek önemlidir.** Ayrıca, COP 28'de, Teknoloji Mekanizması aracılığıyla transferinin , iklim teknolojisinin geliştirilmesi ve artırılmasına ilişkin kararı bir kabul eden taraflar TEC ve CTCN'den #AI4ClimateAction Girişimini (UNFCCC 2024b) uygulamalarını talep etmiştir. Teknoloji ihtiyaç değerlendirmelerinin sonuçlarının ve Teknoloji Mekanizmasının 2023-2027 ortak çalışma programının ilerletilmesinde YZ'nin potansiyel rolleri ve etkileri hakkında farkındalık yaratma ihtiyacını vurgulamışlardır.

"Geleceği Görselleştirmek: İklim Eyleminde Yapay Zeka" (UNDP 2024) başlıklı eğitim oturumunda, senaryo planlama ve vatandaş katılımında GenAI kullanılarak farkındalık yaratmada görüntülerin gücü gösterilmiş, katılımcılar cep telefonları aracılığıyla yapay zeka ile etkileşime girerek yeni içgörüler kazanmış ve benzersiz bakış açılarıyla katkıda bulunmuşlardır. Bu yaklaşım, iklim değişikliğini daha somut ve acil hale getirerek izleyicilerin daha fazla katılımını sağlamış ve bu metodolojinin vatandaşların katılımını nasıl artırabileceğini, iklim risklerini nasıl öngörebileceğini ve kapsayıcı, etkili politika oluşturmayı nasıl destekleyebileceğini göstermiştir (UNDP 2024). Bir sonraki alt bölümde, diğer yapay zeka destekli eğitim araçlarının iklim eylemi için yapay zeka farkındalığının artırılmasına nasıl katkıda bulunabileceği belgelenecektir.

4.8.2. İklim Değişikliği Eğitimi için Yapay Zeka Destekli Araçlar

Yapay zeka destekli eğitim araçları, etkileşimli ve ilgi çekici öğrenme deneyimleri sağlayarak iklim değişikliği eğitimi önemli ölçüde geliştirebilir. Örneğin, yapay zeka destekli simülasyonlar ve sanal gerçeklik ortamları, öğrencilerin iklim değişikliğinin etkilerini sürükleyici bir şekilde keşfetmelerine olanak sağlayabilir. Akıllı özel ders sistemleri, her öğrencinin bilgi düzeyine ve öğrenme tarzına uyum sağlayarak kişiselleştirilmiş öğrenme yolları sunabilir. Bu araçlar aynı zamanda gerçek zamanlı geri bildirim ve değerlendirmeler sağlayarak eğitimcilerin öğretimlerini öğrencilerinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlamalarına yardımcı olabilir. Dahası, yapay zeka güncel eğitim içeriklerini düzenleyip tavsiye ederek öğrencilerin en son bilimsel bulgulara ve kaynaklara erişebilmelerini sağlayabilir.

Yakın zamanda yapılan çalışmalar, Sanal Gerçeklik (VR) teknolojisinin iklim değişikliği farkındalığını artırma potansiyelini araştırmıştır. Thoma ve arkadaşları (2023), sanal gerçeklik görselleştirmesinin iklim değişikliği farkındalığını ve çevresel tutumları geleneksel medyadan daha etkili bir şekilde etkileyip etkilemediğini belirlemeyi amaçlamıştır. Aletsch buzulunun 220 yıl boyunca erimesinin bir modelini kullanan çalışma, çevresel farkındalığın yalnızca VR koşullarında önemli ölçüde arttığını ve VR ortamının karmaşıklığından bağımsız olarak VR'nin tutum değişikliğini teşvik etme potansiyelini ortaya koyduğunu bulmuştur. Dhunnoo ve diğerleri (2023), IVR'nin iklim değişikliği farkındalığını artırmadaki etkinliğini değerlendirmek için şehir planlama uzmanlarıyla bir vaka çalışması yürütmüştür. Gezilebilir kentsel modeller oluşturmak için mobil LiDAR teknolojisini kullanan katılımcılar, su altında kalmış simüle edilmiş bir ortamla etkileşime girebilmiştir. Geri bildirimler, IVR'nin değerli bir eğitim aracı olduğunu, iklim değişikliğinin etkilerinin ve dirençli ortamlar inşa etmenin gerekliliğinin anlaşılmasını artırdığını göstermiştir. Xu ve diğerleri (2022), 2100 yılına kadar deniz seviyesinin yükselmesini ve bunun yerel manzara üzerindeki etkilerini simüle etmek için bir VR uygulaması geliştirmeye odaklanmıştır. Bu çalışma, geleneksel medyadan daha sürükleyici bir deneyim sunan VR'nin yüksek kaliteli bir eğitim aracı olma potansiyelini vurgulamıştır. Devam eden çalışmalar, sistemin Artırılmış Gerçekliğe (AR) taşınmasını ve aracın etkinliğinin daha fazla değerlendirilmesini içermektedir.

YZ, büyük miktarda iklim verisini analiz ederek, ortamdaki gerçek zamanlı değişiklikleri yansıtan daha doğru ve dinamik VR simülasyonları oluşturabilir. AIoT, AI'yı bağlı cihazlarla entegre ederek gerçek zamanlı veri toplamaya ve VR ortamlarında güncellemelere izin vererek simülasyonları daha etkileşimli ve duyarlı hale getirir (Bibri 2023). Bu teknolojiler kişiselleştirilmiş ve bağlama özgü bilgiler sağlayarak VR ve AR uygulamalarının eğitsel etkisini artırabilir. YZ, VR deneyimlerinin daha ilgi çekici ve bilgilendirici hale gelmesini sağlayarak, nihayetinde iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonuna yönelik daha fazla farkındalık ve proaktif davranışı teşvik eder. YZ, sürükleyici deneyimleri geliştirmek ve ML, DL, NLP ve diğerlerini kullanarak sanal ajanlarda insan benzeri zeka sağlamak için çok sayıda verinin işlenmesinde önemli bir rol oynamıştır (Huynh- The et al. 2023). Bu yetenek, daha ilgi çekici ve etkileşimli öğrenme ortamları sağlayarak iklim değişikliği eğitimi için YZ destekli araçları önemli ölçüde geliştirebilir. Bu gelişmiş YZ teknikleriyle, eğitim araçları karmaşık iklim senaryolarını simüle edebilir, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sağlayabilir ve gerçek zamanlı geri bildirim sunabilir, böylece iklim değişikliği zorluklarına karşı anlayışı geliştirebilir ve proaktif tepkileri teşvik edebilir.

Ayrıca, YZ'nin kabulünü etkileyen faktörlerin anlaşılması, YZ destekli araçların eğitim ortamlarına etkili bir şekilde entegre edilmesi, özellikle de iklim değişikliği eğitiminin geliştirilmesi için önemlidir. Osman ve Yatam (2024), YZ'nin ve onun sağladığı dönüşümlerin kabulünü şekillendirmede algılanan kullanışlılığın, kullanım kolaylığının ve teknolojik yenilikçiliğin önemini vurgulamıştır. Bu faktörler arasında, algılanan kullanım kolaylığı, kullanıcı dostu arayüzlerin ve kolaylaştırılmış süreçlerin gerekliliğini vurgulayarak en etkili faktör olarak tanımlanmaktadır. Yükseköğretim kurumları için pratik çıkarımlar, teknolojik yenilikçiliği artırmak ve yeniliğe elverişli olumlu bir kurumsal iklimi teşvik etmek için hedeflenen müdahalelere duyulan ihtiyacı içermektedir.

İklim değişikliği eğitimi için YZ ile ilgili olarak, bulgular, kullanıcı dostu olan ve hem eğitimciler hem de öğrenciler tarafından yararlı olarak algılanan YZ araçlarının tasarlanmasının önemini vurgulamaktadır. Eğitim kurumları, bu kilit faktörleri ele alarak YZ destekli eğitim araçlarının kabulünü ve etkinliğini artırabilir, böylece iklim değişikliği eğitimi iyileştirebilir ve bir sürdürülebilirlik kültürünü teşvik edebilir. Bu, kullanımı kolay, daha etkili ve ilgi çekici öğrenme deneyimlerine yol açabilecek ve nihayetinde iklim değişikliği sorunlarının daha iyi anlaşılmasına ve bunlara yanıt verilmesine katkıda bulunabilecek bir yaklaşım olan YZ destekli eğitim araçları oluşturma hedefiyle uyumludur. Shaikh ve arkadaşları (2021) çalışmalarında, YZ ve makine öğreniminin dijital sınıflar oluşturma üzerindeki etkisini ve pandemi sırasında eğitim üzerindeki sürdürülebilir etkilerini araştırmıştır. Bu teknolojilerin, öğrencilere kişiselleştirilmiş öğrenme yolları ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlayarak öğrenme deneyimini büyük ölçüde geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Çalışma, küresel aksaklıklar sırasında uyarlanabilir ve dirençli bir eğitim ekosisteminin geliştirilmesinde yapay zeka ve makine öğreniminin destekleyici rolünü vurgulamaktadır. YZ tarafından sağlanan diğer eğitim hizmetleri arasında dersler, seminerler ve uygulamalı sınıflar geliştirmek ve yürütmek; öğretmen danışmanlığı sunmak; eğitim programları ve elektronik kurslar oluşturmak; ödevler geliştirmek ve çözümlerini simüle etmek; çeşitli eğitim etkinlikleri düzenlemek ve öğrenci çalışmalarını değerlendirmek yer almaktadır (Bakhmat 2024).

Mannuru ve diğerleri (2023), GenAI'nin gelişmekte olan ülkeler üzerindeki etkisine odaklanmış ve bilgi, kültür ve endüstri gibi çeşitli alanlarda hem potansiyel faydalarını hem de dezavantajlarını değerlendirmiştir. Bulgular, GenAI'nin önemli avantajlar sunmasına rağmen, bu avantajların özellikle teknolojik erişimin ve altyapının genellikle sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde tek tip olarak erişilebilir olmadığını göstermektedir. Çalışma, GenAI'nin kapsayıcı kalkınmayı teşvik etmesini ve mevcut eşitsizlikleri daha da kötüleştirmemesini sağlamak için yeterli destek ve altyapının sağlanmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Özetle, yapay zeka destekli eğitim araçları, etkileşimli, kişiselleştirilmiş ve güncel öğrenme deneyimleri yaratarak iklim değişikliği eğitimi için gelişmiş araçlar sunmaktadır. Bu araçlar öğrencilerin derinlemesine ilgisini çekebilir, gerçek zamanlı geri bildirim sağlayabilir ve bireysel öğrenme ihtiyaçlarına uyum sağlayabilir. AIoT, eğitim ortamlarının daha dinamik ve duyarlı hale gelmesini sağlayarak iklim değişikliği eğitiminin genel etkinliğini artırır. Bu teknolojilerin kullanıcı dostu ve erişilebilir olmasını sağlamak, yaygın olarak benimsenmeleri ve etkileri için gerekli olacak ve sonuçta öğrencilerde daha fazla iklim farkındalığı ve proaktif davranışı teşvik edecektir.

4.8.3. Farkındalığı Artırmak ve Sürdürülebilir Uygulamaları Teşvik Etmek için Yapay Zeka Destekli Araçlar

Yapay zeka, bireysel ve kolektif davranışlar hakkında içgörüler sağlayarak ve çevresel etkiyi azaltmak için eyleme geçirilebilir adımlar önererek sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesini destekleyebilir. Örneğin, yapay zeka destekli uygulamalar enerji tüketimini, atık üretimini ve karbon ayak izini takip ederek vatandaşlara, topluluklara, işletmelere ve kuruluşlara iyileştirme için özel öneriler sunabilir. Bu araçlar aynı zamanda yerel sürdürülebilirlik zorluklarını ve fırsatlarını belirleyerek topluluk girişimlerini kolaylaştırabilir. Ayrıca YZ, kaynak tahsisini optimize etmek ve müdahalelerin etkinliğini izlemek için veri odaklı yaklaşımlar kullanarak sürdürülebilir uygulamaları teşvik eden kamu politikalarının tasarlanmasına ve uygulanmasına yardımcı olabilir (Bibri vd. 2024a).

Kandlhofer ve diğerleri (2023), farkındalık yaratmak, kabulü teşvik etmek ve yıkıcı bir teknoloji olarak YZ'nin temel bir anlayışını sağlamak için tasarlanmış uluslararası bir YZ eğitim ve farkındalık projesi olan 'ENARIS'i sunmuştur. Proje, gençlerin yapay zekaya olan ilgisini artırmaya ve öğretmenler için bir eğiticiyi eğitime modeli ve açık eğitim kaynaklarının oluşturulması yoluyla temel bir teknik anlayış sağlamaya odaklanmıştır. Ayrıca, YZ'nin sosyal, ekonomik, çevresel ve teknik yönleri hakkında kamu bilincini artırmaya çalışmıştır. Sonuçlar, öğretim materyallerinin ve atölye çalışmalarının iyi karşılandığını ve katılımcılar arasında YZ farkındalığını ve bilgisini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

Bu çalışmanın bulguları, YZ teknolojilerinin iklim azaltma ve uyum stratejilerine nasıl katkıda bulunabileceğini vurgulayarak iklim değişikliği için YZ farkındalığını artırmak için genişletilebilir. Çevresel zorlukları ele almak için halkı YZ potansiyeli konusunda eğitmek, YZ odaklı iklim çözümleri için daha geniş bir anlayış ve desteği teşvik eder. Gelecekteki çalışmalar, daha kapsamlı eğitim çerçeveleri ve araçları geliştirmek için bu bulguları genişletmeye odaklanabilir ve iklim eyleminde YZ potansiyelinin tam olarak gerçekleştirilmesini ve etkili bir şekilde iletilmesini sağlayabilir. Ayrıca araştırmalar, iklim eğitimi girişimlerinin etkinliğini ve erişimini artırmak için YZ'nin IoT, AR, VR ve dijital ikiz gibi diğer gelişmekte olan teknolojilerle entegrasyonunu keşfedebilir.

Maria Kasinidou (2023), YZ'nin günlük yaşamdaki artan rolü nedeniyle kamu YZ okuryazarlığı için artan ihtiyaca odaklandı. Bu proje, çocuklar ve yetişkinler de dahil olmak üzere farklı demografik gruplar arasında halkın YZ algılarını anlamaya ve eğitimciler, yetişkinler, yaşlılar ve çocuklar gibi çeşitli gruplara göre uyarlanmış açık bir kurs aracılığıyla YZ okuryazarlığını teşvik etmeye çalışmıştır. Temel bulgular, YZ üzerine kısa bir kursun ardından katılımcıların YZ'yi daha iyi anladıklarını, olumlu ve olumsuz yönlerini fark ettiklerini ve hem çocukları hem de yetişkinleri YZ konusunda eğitmenin önemini kabul ettiklerini ortaya koymuştur. Bu bulgular, iklim odaklı YZ eğitimini kamu okuryazarlığı programlarına dahil ederek YZ'nin iklim değişikliğindeki rolü konusunda farkındalığı artırmak için genişletilebilir. YZ'nin çevresel bağlamlardaki uygulamalarına ilişkin kamu anlayışının geliştirilmesi, YZ odaklı iklim girişimleri için daha bilinçli bir destek sağlayabilir.

Gençlerin politika oluşturma, kapasite geliştirme ve inovasyona katılımı, iklim değişikliğinin etkili bir şekilde ele alınması için kritik öneme sahiptir. Kandlhofer ve diğerleri (2023) ENARIS projesi aracılığıyla gençlerin eğitilmesinin

YZ ve potansiyel etkileri hakkında farkındalığı ve bilgiyi önemli ölçüde artırabilir. Benzer şekilde, Maria Kasinidou (2023) çocuklar ve yetişkinler de dahil olmak üzere tüm demografik gruplarda YZ okuryazarlığının önemini vurgulamıştır. Bu çalışmalara dayanarak, gençlerin politika kararlarına katılımını vurgulamak, genç paydaşları iklim stratejilerini aktif bir şekilde etkilemeleri için güçlendirebilir. Hedefe yönelik eğitim ve kapasite geliştirme sağlamak, onları YZ odaklı iklim çözümlerini uygulamak için gerekli becerilerle donatılmış uygulayıcılar olarak hazırlayabilir. Ayrıca, gençlerin inovasyona ve geleceğin teknolojilerinin geliştirilmesine katılımını teşvik etmek, iklim değişikliğinden en çok etkilenenlerin seslerinin duyulmasını ve dirençli ve sürdürülebilir çözümler üretilmesine doğrudan katkıda bulunmalarını sağlar. Gençlerin eğitime ve katılımına yatırım yaparak, gelecek nesilleri kilit paydaşlar olarak kritik rollerinde destekliyor ve kaçınılmaz olarak karşılaşılabilecek çevresel zorlukların üstesinden gelmek için iyi hazırlanmış olmalarını sağlıyoruz.

Goralski ve Tan (2020), YZ'deki hızlı gelişmelere ve bunların iş dünyası, kurumsal uygulamalar ve hükümet politikaları üzerindeki derin etkilerine odaklanmıştır. YZ ve DL yeteneklerine sahip robotiklerin çeşitli sektörleri nasıl bozduğunu ve etkinleştirdiğini ve küresel sürdürülebilirlik eğilimlerini nasıl etkilediğini incelediler. Çalışma, SKH'lerin ilerlemesine odaklanarak ve küresel sürdürülebilirlik bağlamında yönetsel öğrenme ve iş liderliği için dersler çıkararak, YZ'nin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini değerlendirmek için üç vaka çalışmasını analiz etmektedir. Bulgular, YZ'nin SKH'lerde önemli ilerleme sağlama potansiyeline sahip olduğunu, ancak aynı zamanda dikkatle yönetilmesi gereken zorluklar da sunduğunu göstermektedir. Çalışma, geleceğin iş liderlerinin küresel sürdürülebilirliği etkili bir şekilde teşvik etmek için YZ'nin karmaşıklıklarını anlamaları ve yönlendirmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Bu, iş liderlerini sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmede YZ tarafından sunulan zorluklara ve fırsatlara hazırlamak için YZ okuryazarlığını yönetim eğitime entegre etmeyi gerektirmektedir.

Fırsatlardan bahsetmişken, YZ ve ilgili teknolojiler gerçekten de sürdürülebilir uygulamaları teşvik ederek çeşitli endüstrileri ve işletmeleri dönüştürmektedir. Tablo 5, YZ'nin sürdürülebilirliğe nasıl katkıda bulunduğuna dair içgörüler sunan ve YZ'nin farklı sektörlerdeki çeşitli uygulamalarını sergileyen çeşitli çalışmaların karşılaştırmalı bir analizini sunmaktadır.

Araştırma Teması	Uygulamalı Yöntemler	Sürdürülebilir Uygulamaların Türü	YAPAY ZEKA Uygulama Alanları	Temel Bulgular	Alıntılar
Yeşil İKY uygulamalarının teşvik edilmesinde yapay zeka	Yapay zeka, veri analitik	Enerji optimizasyonu, atık azaltma	İnsan kaynakları yönetimi	Yapay zeka işe alımlarda verimliliği artırır, önyargıları azaltır ve çalışanlar arasında eko-katılımı teşvik eder.	John ve Pramila (2024)
Yeşil İKY uygulamalarının benimsenmesinde yapay zeka	YAPAY ZEKA	Kurumsal sürdürülebilirlik, yeşil çevre	İnsan kaynakları yönetimi	Yapay zeka, odağı kar maksimizasyonundan sürdürülebilirliğe kaydırarak yeşil İKY uygulamalarının benimsenmesine yardımcı olur.	Gupta (2021)
Sürdürülebilir Finans alanında yapay zeka	YAPAY ZEKA, ESG	Çevresel sorun çözme, finansal istikrar	Finansal yönetim	Yapay zeka çevresel sorunların farkına varılmasına yardımcı olur, sürdürülebilir finansmanı destekler ve karar alma süreçlerini geliştirir.	Rani ve Singh (2024)
İş zekası (BI), yapay zeka ve sürdürülebilirlik	BI, AI, IoT, ML, Büyük Veri, Blockchain, Uç Bilişim	Kaynak verimliliği, çevresel ayak izinin azaltılması	BI, sürdürülebilir kalkınma	BI, AI, IoT, ML ve Büyük Veri entegrasyonu operasyonel verimliliği artırır ve israfı en aza indirir.	Rane ve diğerleri (2024)

Yeşil nakliye için yapay zeka ve makine öğrenimi	YAPAY ZEKA, MAKINE ÖĞRENİMİ	Emisyon azaltımı, çevresel yönetim	Denizcilik endüstrisi	Yapay zeka odaklı teknoloji gemi operasyonlarını iyileştirir, emisyonları azaltır ve sürdürülebilirliği destekler.	Nguyen ve diğerleri (2024)
Moda endüstrisinde yapay zeka ve AR	AI, AR, ORESTE	Atık azaltımı, geri dönüşün azaltılması	Moda endüstrisi	Tüketiciler, kamera destekli ölçümler ve senkronize öneriler için yapay zeka destekli mobil uygulamaları tercih ediyor.	Karadayi-Usta (2024)
ESG için gayrimenkulde yapay zeka	AI, ML (RF)	Enerji verimliliği, sürdürülebilir gayrimenkul	Emlak sektörü	Yapay zeka algoritmaları, enerji verimliliğini ve diğer özellikleri değerlendirerek emlak fiyatlarını etkiliyor ve bilinçli karar vermeyi teşvik ediyor.	Walacik ve Chmielewska (2024)
Sürdürülebilir eğitimde yapay zeka	YAPAY ZEKA	Çevresel sorumluluk, kaynak verimliliği	Eğitim	Yapay zeka, kişiselleştirilmiş öğrenme ve müfredat geliştirme yoluyla sürdürülebilirlik eğitimi geliştiriyor	Harish ve diğerleri (2023)

Tablo 5: Sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek için yapay zeka destekli araçlar

Analiz, yapay zekanın çeşitli sektörlerde sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmedeki önemli potansiyelini vurgulamaktadır. YZ ve ilgili teknolojiler, İKY süreçlerinin iyileştirilmesinden yeşil İKY'nin desteklenmesine, sürdürülebilir finansmanın teşvik edilmesine, iş operasyonlarının iyileştirilmesine, yeşil nakliyenin geliştirilmesine, moda endüstrisinde atıkların azaltılmasına, gayrimenkulde enerji verimliliğinin değerlendirilmesine ve sürdürülebilir eğitimin teşvik edilmesine kadar önemli faydalar sunmaktadır. Bu çalışmalar, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak ve çevresel zorlukları etkili bir şekilde ele almak için YZ'yi diğer gelişmekte olan teknolojilerle entegre etmenin önemini vurgulamaktadır.

4.8.4. Yerel Toplulukların İklim Eylemine Katılımı için Yapay Zeka Destekli Araçlar

Yerel toplulukları iklim eylemine dahil etmek, tabandan gelen değişimi teşvik etmek için değerlidir. Yapay zeka, işbirliği ve iletişim için platformlar sağlayarak topluluk katılımını artırabilir. Örneğin, yapay zeka odaklı sosyal medya analizi, dikkatle seçilmiş kriterlere göre etkili topluluk üyelerini ve kuruluşlarını belirleyebilir, seslerini yükseltmeye ve desteği harekete geçirmeye yardımcı olabilir. Yapay zeka ayrıca topluluk geri bildirimlerini analiz ederek ve bunları politika geliştirmeye entegre ederek katılımcı karar alma sürecini kolaylaştırabilir. Ayrıca YZ, ilerlemeyi izlemek ve raporlamak için araçlar sağlayarak, şeffaflık ve hesap verebilirlik sağlayarak yerel iklim girişimlerini destekleyebilir.

Günlük hayatımızın giderek yapay zeka teknolojileri tarafından şekillendirildiği yapay zeka çağında, aynı zamanda iklim kriziyle de karşı karşıyayız. Bu ikili zorluk, YZ'nin bu krizi ele almak için nasıl kullanılabileceğini araştırmayı gerektiriyor ve YZ çağında toplum bilincini ve eylemini teşvik eden eğitim görevlerine duyulan ihtiyacı vurguluyor. Bu gerekliliği yansıtan Cheong, E. (2022), küresel ısınmayı ele alan eğitim görevlerini YZ bağlamında entegre etme ihtiyacını vurgulamıştır. Yazar, toplumsal farkındalık eğitimi "YZ Çağında Toplumsal Farkındalık Eğitimi: Üçüncü Komşu" teması altında incelemiştir. Çalışma, iklim krizini etkili bir şekilde ele almak için geleneksel ikili dünya görüşlerini aşmamız ve YZ'yi birlikte var olan bir zeka olarak benimsememiz gerektiğini savunmaktadır. YZ'nin evrimini, bir arada yaşamayı teşvik edecek ve iklim değişikliği gibi küresel zorlukları ele alacak şekilde yönlendirmek için "YZ beşeri bilimlerinin" geliştirilmesini öneriyor.

YZ'nin toplumsal etkisini insan merkezli bir bakış açısıyla araştırmak önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir (Shneiderman 2020). Vatandaş bilimi alanındaki önceki çalışmalar, halkı araştırmaya dahil etmek için YZ'yi kullanmanın çeşitli yöntemlerini tanımlamıştır. Bu yöntemler arasında katılımcı katılımını sürdürmek, veri kalitesini sağlamak, nesneleri sınıflandırmak ve etiketlemek, kullanıcı ilgi alanlarını tahmin etmek ve veri modelini yorumlamak yer almaktadır (Ceccaroni vd. 2019; Franzen vd. 2021; Lotfian vd. 2021; McClure vd. 2020). Bu çalışmalar, vatandaşların geniş bir coğrafi ölçekte araştırma projelerine genelleştirilebilir bir şekilde katılmalarını sağlayan YZ sistemleri tasarlanmanın zorluklarını araştırırken, çok az ilgi gören bir alan, bilim insanlarının bağlama özgü endişeleri ele almak ve belirli bir coğrafi bölgeyi etkilemek için yerel topluluklarla birlikte YZ sistemlerini nasıl oluşturabilecekleridir. Bu nedenle, Hsu ve diğerleri (2022), toplumsal ve çevresel sorunların ele alınmasında yerel toplulukları dahil etmek ve güçlendirmek için YZ'den nasıl yararlanılabileceğini araştırmıştır. Hiper yerel, bağlama özgü topluluk verilerinin ve bilgisinin YZ sistemlerine entegre edilmesinin önemini vurgulamışlardır. Katılımcı tasarım ve etnografik yöntemler, YZ sistemlerinin yerel toplulukların özel ihtiyaçlarına göre uyarlanmasını sağlamaktadır. Yazarlar, yerel halkın sadece katılımcı değil, işbirlikçi olarak ele alındığı bir topluluk vatandaş bilimi (CCS) yaklaşımını savunmaktadır. Bu yaklaşım, toplumun ihtiyaçları ve beklentileriyle daha uyumlu YZ sistemlerinin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, toplum sorunlarının dinamik doğasını ve uzun vadeli sosyal değişiklikleri hesaba katmak için bu sistemlerin sürekli olarak uyarlanmasını da gerektirir. Vatandaş biliminin bir alt kümesi olan CCS çerçevesi, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini takip etmeye adanmış topluluklarla birlikte çözümler üretmek ve sosyal etki yaratmak için avantajlıdır (Fritz et al. 2019).

Endonezya'daki İklim Direnci için Topluluk İnovasyon Laboratuvarları (Co_LABS) projesi, topluluk odaklı inovasyon yoluyla iklim direncini artırmayı amaçlayan bir girişimdir (Common Room Network Foundation 2021). Proje, yerel bilgi ile yapay zeka ve IoT gibi ileri teknolojiler arasındaki sinerjiyi vurgulamakta ve iklim değişikliğinin yarattığı zorluklara yönelik sürdürülebilir, yerelleştirilmiş çözümler üretmektedir.

İklim Direnci için Topluluk İnovasyon Laboratuvarları (Co_LABS Projesi) Ülke: Endonezya

Katılan Kuruluşlar: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GZ) - FAIR Forward, Common Room Networks Foundation

Kısa Açıklama

İklim Direnci için Toplum Temelli İnovasyon Laboratuvarı (Co_LABS) Projesi, Endonezya'da, özellikle de Pulo Aceh ve Maros gibi kırsal ve uzak bölgelerde iklim değişikliği sorunlarını ele almaktadır. Bu girişim, iklim direncine yerel katılım için işbirlikçi platformlar olarak hizmet veren toplum temelli inovasyon laboratuvarları kurmaktadır. Bu laboratuvarlar, sürdürülebilir uygulamalar geliştirmek ve uygulamak için yerel bilgiyi yapay zeka ve IoT gibi ileri teknolojilerle bütünleştirmektedir. Temel faaliyetler arasında mevcut durum çalışmalarının yürütülmesi, yerel kapasitenin artırılması ve mavi ekonominin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış yapay zeka odaklı çözümler ve uzaktan algılama uygulamaları oluşturulması yer almaktadır. Proje ayrıca, iklim adaptasyonu ve azaltımını etkin bir şekilde ele almak için yerel geleneksel bilginin modern teknolojik araçlarla entegrasyonunu vurgulamaktadır.

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Adaptasyon Etkileri ve Sonuçları

Co_LABS Projesi, Maros'ta 500 mangrov fidanı dikilerek başlatıldı ve bu sayede kıyıların korunmasına ve karbon birikimine doğrudan katkı sağlandı. Bu eylem sadece iklim değişikliğini doğrudan ele almakla kalmıyor, aynı zamanda biyoçeşitliliği ve kıyı ekosistemlerinin direncini de artırıyor. Yapay zeka ve IoT teknolojilerinin entegrasyonu, çevresel izleme ve yönetimin iyileştirilmesini sağlamıştır. Maros'ta IoT sensörlerinin kullanımı balık yetiştiriciliği faaliyetlerini optimize ederek verimliliği ve sürdürülebilirliği artırmıştır. Kapasite geliştirme

Bandung'da yürütülen ve Pulo Aceh ve Maros için planlanan çalıştaylar, yerel toplulukları bu teknolojileri etkin bir şekilde yönetmek ve işletmek için gereken becerilerle güçlendirmiştir. Bu çalıştaylar, teknolojinin benimsenmesinin uzun vadeli iklim direncine ve sürdürülebilir kalkınmaya yol açmasını sağlamak için çok önemlidir.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

Yapay zeka ve IoT gibi gelişmiş teknolojileri geleneksel topluluk uygulamalarıyla entegre etmek önemli bir zorluktu. Örneğin, geliştirilen IoT sensörlerinin kullanıcı dostu olmasını ve yerel ihtiyaçları karşılamasını sağlamak için teknolojinin Maros'taki küçük ölçekli balık çiftlikleri ve Pulo Aceh'teki geçimlik tarım bağlamına uyacak şekilde uyarlanması gerekiyordu. Bu teknolojileri topluluk üyeleri için erişilebilir ve anlaşılabilir kılmak için kapsamlı kapasite geliştirme çabaları gerekmiştir. Proje, aktif topluluk katılımını teşvik etmekte de zorluklarla karşılaştı. Bu zorluk, güven ve katılım oluşturmak için sürekli destek ve eğitimin önemini vurgulamıştır. Bu sorunu çözmek için açık iletişim stratejileri ve yerel liderlerin katılımı şarttı. Çıkarılan dersler arasında yerel koşullar ve uygulamalarla uyumlu, uyarlanabilir teknoloji çözümlerine duyulan ihtiyacın yanı sıra proje sonuçlarını sürdürmek ve teknolojilerin uzun vadeli başarısını sağlamak için yerel liderliğin sürekli eğitimi ve geliştirilmesinin önemi de yer almaktadır.

Özetle, yapay zeka destekli araçlar, iklim eylemine topluluk katılımını artırmak için önemli bir umut vaat etmektedir. Katılımcı tasarıma odaklanarak, bu araçlar belirli bölgesel endişeleri ele alabilir ve anlamlı bir değişim sağlamak için yerel toplulukları güçlendirebilir. Yapay zekanın vatandaş bilimi çerçevelerine entegrasyonu, işbirliğini ve birlikte yaratmayı teşvik ederek topluluk seslerinin yükselmesini ve ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlar. İklim değişikliği ve hızlı yapay zeka ilerlemeleri gibi ikili zorluklarla yüzleşmeye devam ederken, bu teknolojilerin sürdürülebilirliği ve sosyal etkiyi tabandan teşvik etmek için nasıl kullanılabileceğini araştırmak zorunludur. Bu yaklaşım, yalnızca teknolojik açıdan gelişmiş değil, aynı zamanda sosyal açıdan da kapsayıcı olan YZ sistemlerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

4.8.5. Yerel Yapay Zeka Modellerine Yerli Bilginin Dahil Edilmesi

Yerli bilginin (YB) yerel YZ modellerine dahil edilmesi, iklim eylem stratejilerini geleneksel ekolojik bilgelik ve uygulamalarla zenginleştirebilir. YZ, IK'nın belgelenmesine ve analiz edilmesine yardımcı olarak korunmasını ve daha geniş iklim çözümlerine entegre edilmesini sağlayabilir. Örneğin, YZ geleneksel arazi kullanım uygulamalarını haritalamak ve izlemek, ekolojik verilerdeki kalıpları belirlemek ve yerel tekniklerin uygulanmasının sonuçlarını tahmin etmek için kullanılabilir. Yerli topluluklarla işbirliği, bilgilerine saygı duyulmasını ve doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlamak için çok önemlidir. Bu yaklaşım, hem yerel topluluklara hem de daha geniş ekosisteme fayda sağlayan daha bütüncül ve kültürel açıdan hassas iklim eylem stratejilerine yol açabilir.

Genel bir bakış açısıyla Williams ve Shipley (2021), yerli bilgeliğin YZ'ye entegre edilmesinin YZ'nin faydasını ve etik temelini nasıl artırabileceğine odaklanmıştır. Uyum, denge ve birbirine bağlılığı vurgulayan yerli kavramların potansiyelini vurgulamışlardır. Bu tür değerleri dahil ederek, YZ sistemleri indirgemeci kökenlerini aşabilir ve daha kapsayıcı bir dünya görüşünü yansıtabilir. Bunu yapmak, YZ uygulamalarını daha bütünsel ve faydalı sonuçlara doğru derinden değiştirebilir. Maitra (2020), YZ'ye yaklaşımımızda ilişkisel bir değişime ihtiyaç olduğunu vurgulayarak, birbirine bağlılığa ve insan dışı varlıklara değer veren yerli epistemolojilerin dahil edilmesini savunmuştur. Bu çalışma, bu perspektiflerin YZ'ye entegre edilmesinin teknoloji ve geleneksel bilgi sistemleri arasında simbiyotik bir ilişkiyi teşvik edebileceğini öne sürmüştür.

Chakravarty (2023), iklim değişikliği bağlamında, özellikle kıyı bölgelerindeki aşırı hava olayları için iklim iletişim kanallarını geliştirmek amacıyla YZ ve makine öğreniminin Yerli Bilgi Sistemleri (IKS) ile entegre edilmesini önermiştir. YZ/ML'nin IKS ile harmanlanmasının, iklim değişikliği ile ilgili bilgilerin doğruluğunu ve

iklim tahminlerinin ve azaltma stratejilerinin güncelliği. YZ modelleri, yerel bilgidan yararlanarak, yerli toplulukların özel bağlamlarına göre hassas bir şekilde ayarlanabilir ve iklim direncini artırmak için YZ'nin geleneksel ekolojik bilgelikle nasıl zenginleştirilebileceğinin pratik bir uygulamasını gösterir. Akanbi ve Masinde (2018), IK kullanarak kural tabanlı bir kuraklık erken uyarı sistemi geliştirmiştir. Araştırmaları, yerel IK'nın kuraklık koşullarını tahmin etmek için YZ modellerine etkili bir şekilde entegre edilebileceğini göstermiştir. Sistem, kuraklık tahminlerinin doğruluğunu ve alaka düzeyini artırmakta ve çevresel zorlukları daha etkili bir şekilde ele almak için IK'yı YZ'ye dahil etmenin önemini vurgulamaktadır. Balehegn ve diğerleri (2019), Afar çobanlarının yerel hava durumu ve iklim tahmin bilgilerini belgelemiştir. Geleneksel yöntemlerin modern YZ sistemleri ile birleştirildiğinde dinamik ve doğru hava tahminleri sunduğunu bulmuşlardır. Bu sinerji, pastoral topluluklar için iklim adaptasyon stratejilerini geliştirebilecek YZ modellerine IK'yı dahil etmenin pratik faydalarını vurgulamaktadır.

Molino (2023), çevrenin korunması için YZ ve İK'nın entegre edilmesine ilişkin dinler arası bakış açılarını incelemiştir. Hristiyanlık, İslam ve Budizm gibi farklı dini geleneklerin, YZ'nin çevre yönetimini geliştirme potansiyelini kabul ettiklerini ortaya koymuşlardır. Bu durum, sürdürülebilir çevre uygulamaları için gerekli etik ve kültürel boyutları vurgulayarak YZ modellerine IK'yı dahil etme kavramıyla uyumludur. Farklı dünya görüşlerinin entegre edilmesi, YZ modellerinin daha kapsayıcı ve etik açıdan sağlam olmasını sağlar.

Chakravarty (2023) de iklim direnci için iklim iletişim kanallarını, YZ'yi ve IK'yı entegre eden bir strateji formüle etmiştir. Bu çalışma, YZ'yi yerel bilgi ile birleştirerek önemli ölçüde geliştirilebilecek kesin ve zamanında iklim bilgisine olan ihtiyacı vurgulamıştır. Bu yaklaşım, iklim modellemesini, risk değerlendirmesini ve uyarlanabilir stratejileri geliştirerek YZ modellerine IK'nın entegre edilmesinin faydalarını vurgulamaktadır.

Bu çalışmalar toplu olarak IK'yı yapay zeka sistemleriyle entegre etmenin ilerici potansiyelini vurgulamaktadır. Geleneksel bilgelikten ileri teknolojik çözümlerle uyum içinde yararlanmak, daha sağlam, kültürel açıdan duyarlı ve sürdürülebilir iklim eylem stratejileri geliştirmenin yolunu açmaktadır. Bu sinerji, iklim değişikliğini ele almak için dengeli ve kapsayıcı bir yaklaşımı teşvik ederek öngörü yeteneklerini, kaynak yönetimini ve dayanıklılığı artırır. Yerli topluluklar ve teknoloji uzmanları arasında devam eden işbirliği, IK'nın saygılı ve doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlamak için gereklidir ve sonuçta hem yerel topluluklara hem de küresel ekosisteme fayda sağlar.

Sonuç olarak, yapay zeka destekli çözümler, iklim eyleminde eğitim ve toplum katılımını geliştirmek için muazzam bir potansiyel sunmaktadır. Farkındalığın artırılması ve interaktif eğitim araçlarının sağlanmasından sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesi ve yerel toplulukların katılımına kadar, YZ anlamlı bir değişim sağlayabilir. İK'yı dahil ederek ve YZ'nin yeteneklerinden yararlanarak, iklim değişikliğiyle mücadele için daha kapsayıcı ve etkili stratejiler geliştirebiliriz. Bu teknolojileri ilerletirken, erişilebilir, eşitlikçi ve tüm paydaşların ihtiyaçları ve değerleriyle uyumlu olmalarını sağlamak önemlidir.

4.9. Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Eylemi için Kilit Alanlardaki Yapay Zeka Uygulamalarına Genel Bir Bakış

YZ teknolojilerinin iklim eylem stratejilerine entegrasyonu, gelişmekte olan ülkelerde, özellikle de EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği artırmak için önemli bir potansiyele sahiptir. Tablo 6, iklim değişikliğinin azaltılması ve uyumun kritik alanlarını ele alan kapsamlı gözden geçirilmiş çalışmalardan elde edilen içgörülere dayanarak, iklim direnci ve uyum, sürdürülebilir enerji erişimi ve geçişi, sürdürülebilir arazi kullanımı ve biyoçeşitlilik, iklim finansmanı ve ekonomik direnç ile yönetim ve kapasite geliştirme gibi temel konulara göre düzenlenmiş yapay zeka uygulamalarını özetlemektedir. Aşağıdakiler için özellikle önemli olan alanlar vurgulanmıştır

EAGÜ'ler ve SIDS, bu bölgelerin iklim değişikliğiyle mücadele ve SKH'lere ulaşma çabalarında karşılaştıkları benzersiz zorlukların ve fırsatların altını çizmektedir.

Kategori	Alt Kategori	Detaylar
İklim Direnci ve Adaptasyon	Tarımsal Dayanıklılık ve Gıda Güvenliği	- Küçük ölçekli çiftçilere yerelleştirilmiş mahsul önerileri ve hava durumu tahminleri için yapay zeka destekli mobil uygulamalar - ML kullanarak kuraklığa dayanıklı ürün çeşidi geliştirme - Küçük ölçekli çiftçilik için hassas tarım - Haşere ve hastalıklar için erken uyarı sistemleri - Su optimizasyonu için akıllı sulama sistemleri
	Su Kaynakları Yönetimi	- Yapay zeka ile geliştirilmiş sel tahmini ve erken uyarı sistemleri - Yapay zeka analizi ile otomatik su kalitesi izleme - ML kullanarak yeraltı suyu haritalama ve sürdürülebilir çıkarma - Yağış hasadı optimizasyonu - Yapay zeka destekli sınıraşan su planlaması ve çatışma çözümü
	Halk Sağlığı Sistemleri	- Yapay zeka ve yerel veriler kullanılarak vektör kaynaklı hastalık tahmini ve kontrolü - Yapay zeka güdümlü sıcak hava dalgası etki azaltma ve uyarı sistemleri - Kentsel alanlar için hava kalitesinin izlenmesi ve iyileştirilmesi - Sağlık hizmetleri kaynak tahsisi optimizasyonu - Uzak bölgeler için yapay zeka destekli teletıp
	İklim Dayanıklı Altyapı	- Yüksek riskli altyapı için yapay zeka destekli güvenlik açığı değerlendirmesi - Yapay zeka simülasyonları kullanarak iklime dirençli binalar ve yollar tasarlamak - Kritik altyapı için kestirimci bakım - İklim adaptasyonu için kentsel planlama araçları - Yapay zeka ile optimize edilmiş afete dayanıklı enerji sistemleri
	İklim Göçü	- İklim ve Doğal tehlike erken uyarı sistemleri - İnsani ve ekonomik kayıplara karşı erken eylem ve afet riskinin azaltılması için göç erken uyarısı - İklim değişikliği ve doğal afet izleme - İnsan hareketliliğinin ve göçün önlenmesine yönelik izleme ve tahmine dayalı analiz, hazırlık, müdahale ve kurtarma
Sürdürülebilir Enerjiye Erişim ve Geçiş	Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu	- Kırsal elektrifikasyon için yapay zeka ile optimize edilmiş mikro şebeke sistemleri - Uydu verileri ve makine öğrenimi kullanılarak güneş ve rüzgar kaynaklarının değerlendirilmesi - Şebeke istikrarı için enerji talebi tahmini - Akıllı enerji depolama yönetimi - Enerji kıtlığı bağlamlarında yapay zeka güdümlü talep tarafı yönetimi
	Enerji Verimliliği	- Tropikal iklimler için bina enerji yönetim sistemleri - Temel endüstriler için endüstriyel süreç optimizasyonu

Kategori	Alt Kategori	Detaylar
		- Kentleşen bölgeler için akıllı şehir enerji çözümleri - Yapay zeka destekli geliştirilmiş ocak teknolojileri - Kent merkezleri için enerji tasarruflu ulaşım
	Temiz Teknoloji Yerelleştirme	- Temiz teknolojilerin yerel ihtiyaçlara yapay zeka destekli adaptasyonu - Yerel üretim için tedarik zinciri optimizasyonu - Yapay zeka odaklı teknoloji ihtiyaç değerlendirmesi - Yapay zeka destekli öğrenme platformları kullanarak beceri geliştirme - Yerel inovasyon ekosistemleri için yapay zeka araçları
Sürdürülebilir Arazi Kullanımı ve Biyoçeşitlilik	Ormansızlaşmanın Önlenmesi ve Yeniden Ağaçlandırma	- Gerçek zamanlı uydu tabanlı orman izleme ve uyarı sistemleri - Yapay zeka destekli ağaçlandırma planlaması - Drone görüntüleri ve makine öğrenimi ile yasa dışı tomruk tespiti - Toplum temelli orman yönetimi araçları - Küçük ölçekli çiftçiler için tarımsal ormancılık optimizasyonu
	Biyoçeşitliliğin Korunması	- İklim değişikliği altında tür dağılım modellemesi - Yapay zeka destekli akustik izleme sistemleri - Uzaktan algılama ve makine öğrenimi ile ekosistem sağlığının izlenmesi - İklim projeksiyonları ile yaban hayatı koridoru planlaması - Yapay zeka destekli deniz ekosistemi yönetimi
	Sürdürülebilir Tarım ve Arazi Yönetimi	- Yapay zeka destekli hassas tarım araçları - Düşük maliyetli sensörlerle toprak sağlığının izlenmesi - Ürün rotasyonu ve ekim optimizasyonu - Kurak bölgelerde sürdürülebilir hayvancılık yönetimi - Yapay zeka destekli erozyon kontrolü ve arazi restorasyon planlaması
İklim Finansmanı ve Ekonomik Dayanıklılık	İklim Finansmanına Erişim	- Yapay zeka destekli proje teklifi geliştirme ve fon eşleştirme - Hassas sektörler için iklim riski değerlendirme araçları - İklim projesi sonuçlarının yapay zeka destekli izlenmesi - İklim finansmanı takibi için blok zinciri tabanlı sistemler - Yapay zeka destekli mikro sigorta çözümleri
	Ekonomik Çeşitlendirme	- İklim dirençli endüstriler için yapay zeka destekli pazar analizi - Yeşil iş geçişleri için beceri eşleştirme platformları - Tedarik zinciri esneklik planlama araçları - Döngüsel ekonomi optimizasyonu - Yapay zeka destekli eko-turizm geliştirme planlaması
	Afet Riski Finansmanı	- Yapay zeka ile geliştirilmiş parametrik sigorta modelleri - Uydu görüntülerini kullanan otomatik hasar tespit araçları - Risk havuzlama mekanizmaları optimizasyonu - Otomatik ödemelerle bağlantılı erken uyarı sistemleri - Veri kıtlığı olan ortamlar için yapay zeka ile geliştirilmiş felaket modellemesi
Yönetişim ve Kapasite Geliştirme	İklim Verileri Yönetim ve Analitik	- Çevresel izleme için düşük maliyetli, yapay zeka destekli sensör ağları - Veri kalitesi iyileştirme teknikleri

Kategori	Alt Kategori	Detaylar
		- Yerel karar vericiler için yapay zeka destekli iklim hizmetleri - Topluluk düzeyinde veri toplama için katılımcı algılama platformları - Güney-Güney öğrenmesi için bilgi yönetim sistemleri
	Politika Desteği ve Karar Alma	- İklim politikası etki simülasyon araçları - Çok kriterli karar analiz sistemleri - Yapay zeka destekli paydaş katılım araçları - Uyumluluk izleme sistemleri - NDC'lerin yapay zeka destekli geliştirilmesi ve izlenmesi
	Teknoloji Transferi ve Yerelleştirme	- Yapay zeka odaklı teknoloji ihtiyaç değerlendirmesi ve eşleştirme - Güney-Güney işbirliği platformları - Yerelleştirilmiş kapasite geliştirme programları - Hızlı prototipleme için yapay zeka çözümleri - İklim teknolojileri için fikri mülkiyet yönetimi araçları
	Etik Yapay Zeka ve Dijital Kapsayıcılık	- Düşük kaynaklı ortamlar için optimize edilmiş yapay zeka çözümleri - Yapay zeka önyargısını belirlemeye ve azaltmaya yönelik araçlar - Veri gizliliği ve güvenliği çerçeveleri - Cinsiyete duyarlı yapay zeka sistemleri - EAGÜ'ler ve SIDS için yapay zeka yönetim çerçeveleri

Tablo 6. Gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için kilit alanlarda Yapay Zeka uygulamaları

YZ'nin gelişmekte olan ülkelerdeki, özellikle de EAGÜ'ler ve SIDS'lerdeki potansiyelinin daha kapsamlı bir araştırmasını sunmak için bu rapor, bölümleri boyunca YZ uygulamalarının ek örneklerini ve vaka çalışmalarını entegre etmektedir. Bu vaka çalışmaları, YZ'nin kilit sektörleri aktif olarak nasıl dönüştürdüğüne dair somut örnekler sunmaktadır. Mavi kutularla vurgulanan bu YZ uygulamaları, kayda değer girişimlere ve en iyi uygulamalara dikkat çekmekte ve hem bilgilendirici hem de pratik kaynaklar olarak hizmet etmektedir. Çeşitli vaka çalışmaları, SIDS ve LDC'lerdeki iklim eyleminde YZ'nin gerçek dünyadaki uygulamalarını sergilemekte ve YZ odaklı çözümlerin çeşitli bağlamlarda nasıl uygulandığını göstermektedir. Bu vaka çalışmalarından elde edilen pratik bilgiler, YZ'nin hem iklim değişikliğinin azaltılması hem de uyum zorluklarının ele alınmasındaki kritik rolünün altını çizmekte ve böylece küresel olarak daha dirençli toplulukların önünü açmaktadır.

YZ teknolojilerinin çeşitli alanlarda uygulanması, gelişmekte olan ülkelerin, özellikle de EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin iklim değişikliğiyle etkin bir şekilde mücadele etmeleri için muazzam bir fırsat sunmaktadır. Bu ülkeler, bu kilit alanlara odaklanarak ve YZ'nin yeteneklerinden yararlanarak uyum kapasitelerini artırabilir, kaynak yönetimini optimize edebilir ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik edebilirler. Sağlanan kapsamlı tablo, önemli iyileştirmeler sağlayabilecek belirli YZ uygulamalarını vurgulamakta ve YZ odaklı iklim çözümlerinin kapsayıcı, eşitlikçi ve en savunmasız bölgelerin benzersiz ihtiyaçlarına göre uyarlanmasını sağlamaktadır.

1. Teknoloji Mekanizmasının Uygulanması için Yapay Zeka Ortak Çalışma Programı ve Teknoloji İhtiyaçları Değerlendirme Sonuçları

YZ, gelişmekte olan ülkelerde, özellikle de EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde dönüştürücü iklim çözümlerini ilerletmek ve ölçeklendirmek için güçlü bir teknolojik araç olarak ortaya çıkmaktadır. YZ'nin iklim eylem stratejilerini destekleme potansiyeli ana hatlarıyla

Teknoloji Mekanizması Ortak Çalışma Programında (2023-2027) ve bu bölgeler için TNA sonuçlarında, iklim zorluklarını etkili bir şekilde ele almak için yapay zekanın yeteneklerinden yararlanmayı amaçlayan önemli bir yer tutmaktadır.

AI4ClimateAction Girişimi, Teknoloji Mekanizması Ortak Çalışma Programı ile stratejik olarak uyumludur ve TEC ile CTCN'nin işbirliğine dayalı çabalarını vurgulamaktadır. Girişim altı öncelikli alana vurgu yapmaktadır: ulusal inovasyon sistemleri, su-enerji-gıda sistemleri, enerji sistemleri, binalar ve dayanıklı altyapı, iş dünyası ve sanayi ve teknoloji ihtiyaç değerlendirmeleri. Bu alanların her biri, hem azaltım hem de uyum stratejilerine odaklanarak yapay zeka ve iklim eyleminin kesişimini ele almanın merkezinde yer almaktadır.

Girişim ayrıca, EAGÜ'ler ve SIDS'lere özel önem verilerek gelişmekte olan ülkelerde iklim teknolojilerinin ilerletilmesine yönelik kapsamlı stratejilerin ana hatlarını çizen TEC'in sürekli çalışma planını (2023-2027) ve CTCN Çalışma Programını (2023-2027) doğrudan desteklemektedir. Bu çalışma planları aracılığıyla #AI4ClimateAction Girişimi, küresel iklim hedefleriyle uyumlu, ölçeklenebilir, bağlama özgü ve yerel ihtiyaçları ve koşulları kapsayıcı olmasını sağlayan yapay zeka teknolojilerinin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına rehberlik edecektir.

Daha spesifik olarak, #AI4ClimateAction Girişimi kapsamındaki faaliyetler, TEC'in inovasyonu artırma, teknoloji transferini ölçeklendirme ve iklim teknolojilerinin etkili bir şekilde uygulanmasını teşvik etmek için politika önerileri sağlama hedefleriyle uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Girişim, kapasite geliştirmeyi destekleyecek, bilgi paylaşımını kolaylaştıracak ve politika geliştirmeye katkıda bulunarak ülkelerin yapay zekayı ulusal iklim stratejilerine entegre etmelerine yardımcı olacaktır.

CTCN ile ortak çalışma, teknoloji dağıtımı ve teknik yardıma odaklanarak bu çabayı daha da güçlendirmekte ve en çok ihtiyaç duyan ülkelerde pratik uygulamaya giden bir yol sunmaktadır. Bu entegrasyon, yapay zeka uygulamalarının sadece teknolojik olarak gelişmiş olmasını değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel olarak sürdürülebilir olmasını sağlayarak, iklim açısından hassas bölgelerde teknoloji yeniliği ile sahadaki etki arasındaki boşluğun kapatılmasına yardımcı olmaktadır.

AI4ClimateAction Girişimi, bu odak alanları dahilinde yapay zekayı etkin bir şekilde kullanarak, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH'ler) yönelik ilerlemeyi hızlandırmayı, özellikle SKH 13'e (İklim Eylemi) vurgu yapmayı ve aynı zamanda Paris Anlaşmaları tarafından ortaya konan daha geniş hedeflerle uyum sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu bölüm, yukarıda bahsedilen çerçevelerin kapsadığı tematik alanları gözden geçirmekte ve yapay zeka destekli çözümlerin bunların uygulanmasını geliştirebileceği fırsatları tanımlamaktadır. İklim eyleminin çeşitli alanlarında yapay zeka uygulamalarını araştırın Bölüm 4'teki içgörülerden yararlanmaktadır.

1.1. Teknoloji Mekanizmasının Uygulanması için Yapay Zeka Ortak Çalışma Programı (2023-2027)

Teknoloji Mekanizması Ortak Çalışma Programı, gelişmekte olan bölgelerde iklim direncini ve sürdürülebilirliğini artırmada yapay zekanın dönüştürücü bir rol oynayabileceği stratejik öncelikleri ve temel tematik alanları ana hatlarıyla belirtmektedir. Bölüm 4'ün bulgularına dayanarak, aşağıdaki alt bölümler yapay zeka destekli çözümlerin bu girişimleri nasıl destekleyebileceğini ve uygulamalarını nasıl güçlendirebileceğini detaylandırmaktadır.

1.1.1. Ulusal İnovasyon Sistemleri

Yapay zeka, yerel iklim sorunlarına uyarlanmış yeni teknolojilerin daha verimli ve etkili bir şekilde araştırılmasını, geliştirilmesini ve uygulanmasını kolaylaştırarak Ulusal İnovasyon Sistemlerini (NIS) ilerletebilir. NIS, teknolojik ilerlemelerin teşvik edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. YZ, veriye dayalı karar alma süreçlerini geliştirebilir ve

kaynak tahsisi ve sürdürülebilir kalkınmaya elverişli inovasyon ekosistemlerini teşvik etmek. Yapay zeka destekli veri analitiği ve makine öğrenimi modelleri, ortaya çıkan eğilimleri belirlemek, teknolojik atılımları tahmin etmek ve araştırma fonu tahsislerini optimize etmek için büyük veri kümelerini analiz edebilir. Ayrıca YZ, inovasyon politikalarının ve programlarının performansının izlenmesini ve değerlendirilmesini destekleyebilir, optimum kaynak kullanımını sağlayabilir ve çevresel olarak sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için YZ entegrasyonunu olumlu yönde etkileyebilir.

Farklı bir perspektiften bakıldığında, YZ'nin kendisi kurumsal ve ÜİS'nin birlikte evrimi olarak yansımaktadır. Lundvall ve Rikap (2022), Çin'in YZ'deki ilerlemesini değerlendirmiş ve kurumsal inovasyon sistemleri ile Çin'in ulusal inovasyon sisteminin birlikte evriminin altını çizmiştir. Ayrıca, Kouakou ve Szego (2024), daha yüksek ÜİS performansının YZ entegrasyonunu artırdığını tespit etmiş ve ÜİS performansını iyileştirmeyi amaçlayan politikaların YZ teknolojilerinin inovasyon faaliyetlerine entegrasyonunu olumlu yönde etkileyebileceğini öne sürmüştür. Teknolojik çeşitlilik, bilgi yerelleştirmesi ve özgünlük gibi ÜİS performansının temel boyutları, benzer marjinal etkiler göstererek YZ entegrasyonunu önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, çalışma, teknolojilerin döngü süresi ile inovasyon faaliyetlerinde YZ entegrasyon seviyesi arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu vurgulamıştır.

Gelişmekte olan ülkeler inovasyon ekosistemlerini geliştirebilir, araştırma kurumları ve endüstriler arasında işbirliğini teşvik edebilir ve yeni teknolojilerin ticarileştirilmesini kolaylaştırabilir. Ulusal inovasyon sistemlerinin güçlendirilmesi, gelişmekte olan ülkelerin, özellikle de EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin kendi YZ çözümlerini yaratmaları için büyük önem taşımaktadır. Yalnızca Küresel Kuzey'den YZ uygulamaları ithal etmeye güvenmek, ekonomik istikrarlarına ve egemenliklerine zarar verebilecek artan borç ve bağımlılığa yol açabilir. Yerli YZ yeteneklerinin geliştirilmesi, EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin genellikle yüksek maliyetlerle gelen ve ulusal borcu daha da kötüleştirebilen yabancı teknolojilere bağımlılıklarını azaltmalarına olanak tanır. Bu ülkeler, yerel inovasyon ve araştırmaya yatırım yaparak kendi özel ihtiyaç ve zorluklarına göre uyarlanmış, uygun maliyetli ve bağlamla ilgili YZ çözümleri geliştirebilirler. Bu yaklaşım, ekonomik bağımsızlığı ve sürdürülebilirliği teşvik ederek daha dirençli ve kendi kendine yeten bir ekonomiyi destekler.

Küresel Kuzey'de geliştirilen YZ uygulamaları, EAGÜ'lerin ve SIDS'in benzersiz sosyo-ekonomik ve çevresel koşulları için her zaman uygun olmayabilir. Yerel inovasyon sistemleri, tarımsal üretkenlik, iklim direnci, sağlık hizmetleri ve afet yönetimi gibi belirli sorunları ele almak için daha uygun YZ çözümleri oluşturabilir. Bu ülkeler, yerel olarak ilgili YZ teknolojilerine odaklanarak çözümlerin daha etkili ve etkili olmasını sağlayabilir.

Ulusal inovasyon sistemlerine yatırım yapmak, YZ ve ilgili alanlarda yerel kapasite ve uzmanlık oluşturmayı da içerir. Bu yatırım, YZ sistemlerini geliştirme, uygulama ve sürdürme yeteneğine sahip daha yetenekli bir işgücüne yol açabilir. Ayrıca, bilgi transferini teşvik eder ve bir inovasyon ve teknolojik ilerleme kültürünü destekler. Eğitim kurumları ve araştırma merkezleri, yerel yetenekleri yetiştirmek için eğitim ve geliştirme programları sunarak bu süreçte rol oynamaktadır.

Yerli yapay zeka çözümlerinin geliştirilmesi, EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde önemli ekonomik fırsatlar ve istihdam yaratabilir. Bu gelişme, YZ teknolojilerinin araştırılması, geliştirilmesi, uygulanması ve bakımında istihdam sağlayarak yerel ekonomiyi canlandırabilir. Ayrıca, teknoloji girişimlerinin ve endüstrilerinin büyümesine yol açarak ekonomik çeşitliliği ve dayanıklılığı daha da artırabilir.

EAGÜ'ler ve SIDS ülkeleri kendi yapay zeka çözümlerini geliştirerek, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında sıklıkla var olan dijital uçurumun kapatılmasına yardımcı olabilirler. Yerel inovasyon daha uygun fiyatlı ve erişilebilir çözümler sağlayabilir

teknolojilerinden yararlanarak nüfusun daha büyük bir kısmının yapay zeka gelişmelerinden faydalanabilmesini sağlamaktadır. Bu kapsayıcılık, daha geniş sosyal ve ekonomik kalkınma hedeflerine ulaşmak için çok önemlidir.

Ancak, güçlü ulusal inovasyon sistemlerinin oluşturulmasında sınırlı mali kaynaklar, altyapı eksikliği ve yetersiz teknik uzmanlık gibi zorluklar bulunmaktadır. Gelişmiş ülkeler, uluslararası kuruluşlar ve özel sektör paydaşlarının uluslararası işbirliği ve desteği bu zorlukların aşılmasında hayati bir rol oynayabilir. Teknoloji transferi, araştırma ve geliştirme için finansman ve işbirliğine dayalı projeler gibi girişimler gerekli altyapı ve kabiliyetlerin oluşturulmasına yardımcı olabilir.

1.1.2. Su-Enerji-Gıda Sistemleri

Yapay zeka destekli çözümler, kaynak kullanımını optimize ederek ve verimliliği artırarak su, enerji ve gıda sistemlerinin birbirine bağlı zorluklarını ele alabilir. Hassas tarımda yapay zeka, sulama, gübreleme ve hasare kontrolünü optimize etmek için IoT sensörlerinden gelen verileri analiz eder, böylece mahsul verimini artırır ve su ve enerji tüketimini azaltır. Enerji sektöründe yapay zeka, talep ve arz modellerini tahmin edebilir, şebeke operasyonlarını optimize edebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarını daha etkili bir şekilde entegre edebilir. Ayrıca yapay zeka, kullanım modellerini tahmin ederek, sızıntıları tespit ederek ve su dağıtım ağlarını optimize ederek su yönetimini desteklemektedir. Bu entegre yapay zeka uygulamaları, kaynak tahsisini optimize ederek, arz-talep dinamiklerini tahmin ederek ve iklim değişikliğiyle ilişkili riskleri azaltarak su-enerji-gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğini ve dayanıklılığını artırır.

Su, enerji ve gıda sistemlerinin birbirine bağlı doğası, yapay zeka tarafından kolaylaştırılan entegre yaklaşımlar gerektirmektedir. Gelişmiş algoritmalar ve sensör ağları, gerçek zamanlı izleme ve tahmine dayalı analitiği mümkün kılmakta, kaynak yönetimini optimize etmekte ve iklim kaynaklı streslere karşı dayanıklılığı artırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerden vaka çalışmaları, tarımsal üretkenliği, sürdürülebilirlik uygulamalarını ve su yönetimi stratejilerini geliştirmede yapay zekanın başarılı uygulamalarının altını çizmektedir.

1.1.3. Enerji Sistemleri

Yapay zeka, enerji üretimi, dağıtımı ve tüketiminin verimliliğini ve güvenilirliğini artırarak enerji sistemlerinde devrim yaratma ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaşmasını hızlandırma potansiyeline sahiptir. Verimli enerji sistemleri sürdürülebilir kalkınma için önemlidir. Yapay zeka, altyapının öngörücü bakımını, enerji dağıtım ağlarının optimizasyonunu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sorunsuz entegrasyonunu sağlar.

Yapay zeka algoritmaları rüzgar, güneş ve termal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının çalışmasının optimize edilmesine önemli ölçüde katkıda bulunur. YZ, hava durumu modellerini tahmin ederek üretim programlarını buna göre ayarlayabilir, enerji çıktısını ve şebeke istikrarını en üst düzeye çıkarabilir. Ayrıca yapay zeka, anormallikleri tespit ederek, kesintileri önleyerek ve arz ile talebi gerçek zamanlı olarak dengeleyerek enerji şebekelerinin yönetimini geliştirir. AI tarafından desteklenen akıllı şebekeler, dağıtılmış enerji kaynaklarının entegrasyonunu kolaylaştırarak daha merkezi olmayan ve esnek bir enerji sistemine geçişi destekler.

YZ güdümlü talep yanıt programları, tüketicileri yoğun dönemlerde enerji kullanımlarını azaltmaları için güçlendirir, böylece genel enerji verimliliğini ve şebeke güvenilirliğini artırır. Vaka çalışmaları, YZ'nin gelişmekte olan ülkelerde enerji verimliliğini artırma ve sera gazı emisyonunu azaltma konusundaki pratik etkilerinin altını çizmektedir.

1.1.4. Binalar ve Dayanıklı Altyapı

Yapay zeka, binaların ve altyapının dayanıklılığını ve sürdürülebilirliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Bina yönetim sistemlerinde yapay zeka uygulamalarından yararlanılarak, enerji verimliliği, yapısal esneklik ve bakım süreçlerinde önemli iyileştirmeler yapılabilir ve bunların tümü iklim dirençli altyapı gelişimini destekler.

Enerji verimliliği ve bina yönetimi: Yapay zeka, ısıtma, havalandırma, iklimlendirme (HVAC), aydınlatma ve diğer operasyonel sistemler dahil olmak üzere bina yönetiminin çeşitli yönlerini optimize eder. Yapay zeka, gerçek zamanlı verileri analiz ederek bu sistemleri enerji tüketimini azaltacak ve bina sakinlerinin konforunu artıracak şekilde ayarlayabilir. Örneğin, yapay zeka, hava tahminlerine ve kullanım modellerine dayanarak bir binayı ısıtmak veya soğutmak için en uygun zamanları tahmin edebilir ve önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilir.

Kestirimci bakım: Yapay zeka güdümlü kestirimci bakım bir diğer önemli uygulamadır. Yapay zeka sistemleri, potansiyel arızaları ortaya çıkmadan önce tahmin edebilir ve altyapı varlıklarının sağlığını sürekli olarak izleyerek önleyici onarımlara izin verebilir. Bu, varlıkların ömrünü uzatır ve bakım maliyetlerini azaltır ve beklenmedik arıza sürelerini önler. Kestirimci bakım, aşınma ve yıpranma belirtilerini tespit etmek için çeşitli sensörlerden ve geçmiş performans kayıtlarından elde edilen verileri kullanarak zamanında müdahale edilmesini sağlar.

Dayanıklı altyapı tasarımı ve inşası: Yapay zeka, çevresel verileri analiz ederek ve seller, depremler ve aşırı hava olayları gibi çeşitli tehlikelerin etkilerini simüle ederek dayanıklı altyapının tasarımını ve inşasını destekler. Bu simülasyonlar, mühendislerin ve mimarların bu tür olaylara dayanabilecek binalar ve altyapılar tasarlamalarına yardımcı olarak dayanıklılığı artırır. Yapay zeka, farklı senaryoları ve bunların potansiyel etkilerini modelleyerek daha iyi afete hazırlık stratejileri ve bina uygulamaları hakkında bilgi veren değerli içgörüler sağlayabilir.

Sürdürülebilirlik: YZ, çevre dostu malzemelerin ve enerji tasarruflu teknolojilerin kullanımını teşvik ederek binaların inşasında ve işletilmesinde sürdürülebilirliğe katkıda bulunur. AI sistemleri, farklı yapı malzemelerinin ve inşaat yöntemlerinin çevresel etkilerini değerlendirebilir ve en sürdürülebilir seçenekleri önerebilir. İşletme aşamasında, AI enerji ve kaynak kullanımını sürekli olarak optimize ederek daha düşük karbon ayak izlerine ve daha sürdürülebilir yaşam ortamlarına katkıda bulunur.

Genel olarak, bina yönetiminde ve dayanıklı altyapıda yapay zeka odaklı yenilikler iklim adaptasyonu için çok önemlidir. Enerji verimliliğini artırarak, öngörücü bakım sağlayarak ve esnek tasarım ve inşaatı destekleyerek yapay zeka, iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek için gerekli olan sürdürülebilir ve esnek altyapının geliştirilmesine katkıda bulunur.

1.1.5. İş ve Endüstri

İş ve endüstri sektörlerindeki yapay zeka inovasyonları, sürdürülebilir uygulamaları ve operasyonel verimliliği teşvik ediyor. Yapay zeka destekli analitik, endüstrilerin çevresel ayak izlerini en aza indirmelerini, tedarik zincirlerini optimize etmelerini, sürdürülebilir uygulamaları benimsemelerini ve düzenleyici standartları karşılamalarını sağlar. Bu çözümler, operasyonel verimliliği artırarak, maliyetleri düşürerek ve inovasyonu teşvik ederek önemli iyileştirmeler sağlar.

İş operasyonlarında yapay zeka rutin görevleri otomatikleştirir, eyleme dönüştürülebilir içgörüler için geniş veri kümelerini analiz eder ve tedarik zinciri lojistiğini optimize eder. Bu, verimliliği artırır, hataları azaltır ve karar verme süreçlerini geliştirir.

İşletmeler, yapay zeka yeteneklerinden yararlanarak talebi daha iyi tahmin edebilir, envanteri yönetebilir ve lojistik operasyonlarını kolaylaştırabilir, böylece israfı azaltabilir ve hizmet sunumunu iyileştirebilir.

Üretim sektöründe yapay zeka, birkaç temel uygulama aracılığıyla üretim süreçlerini geliştirmektedir. Kestirimci bakım bu uygulamalardan biridir; yapay zeka algoritmaları makinelerden gelen verileri analiz ederek olası arızaları meydana gelmeden önce tahmin eder, böylece arıza süresini en aza indirir ve ekipmanın ömrünü uzatır. Kalite kontrol, kusurları gerçek zamanlı olarak tespit edebilen, tutarlı ürün kalitesi sağlayan ve yeniden işleme ve hurda ile ilişkili maliyetleri azaltan AI sistemleriyle bir başka kritik alandır.

Ayrıca yapay zeka, üretim programlarını, kaynak tahsisini ve iş akışı süreçlerini iyileştirmek için veri analitiği ve makine öğrenimini kullanarak süreç optimizasyonunu destekler. Bu da operasyonel verimliliğin artmasını, enerji tüketiminin azalmasını ve atıkların en aza indirilmesini sağlar. Ayrıca yapay zeka, talebi tahmin ederek, envanter seviyelerini optimize ederek ve lojistiği kolaylaştırarak tedarik zinciri yönetimini iyileştirebilir, böylece teslim sürelerini kısaltabilir ve müşteri memnuniyetini artırabilir.

Yapay zeka, endüstrilerdeki sürdürülebilir uygulamaların yönlendirilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Enerji kullanımının izlenmesini ve azaltılmasını, kaynak tüketiminin optimizasyonunu ve atık oluşumunun en aza indirilmesini sağlar. İşletmeler, yapay zeka teknolojilerini entegre ederek daha sürdürülebilir üretim yöntemleri geliştirebilir ve çevrenin korunmasına katkıda bulunabilir.

Genel olarak, iş ve endüstri sektörlerindeki yapay zeka odaklı yenilikler yalnızca üretkenliği ve operasyonel verimliliği artırmakla kalmıyor, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmayı ve çevre yönetimini de destekliyor. Bu gelişmeler, yapay zekanın endüstriyel alanda hem ekonomik büyümeyi hem de sürdürülebilirliği sağlamadaki önemli potansiyelini vurgulamaktadır.

1.1.6. Gelişen ve Dönüşen Adaptasyon Teknolojileri

Gelişen adaptasyon teknolojileri, iklim değişikliğinin ve diğer küresel zorlukların değişen risklerini ve etkilerini etkili bir şekilde azaltmak için yapay zeka tarafından yönlendirilen yenilikçi yaklaşımlar gerektirmektedir. Yapay zeka teknolojileri, iklim adaptasyonu için yenilikçi çözümler sunmakta ve çeşitli alanlarda adaptif kapasiteyi ve dayanıklılığı önemli ölçüde artırmaktadır.

Yapay zeka, aşırı hava olaylarını tahmin etmek ve savunmasız topluluklara zamanında uyarılar vermek için kapsamlı çevresel verileri analiz ederek erken uyarı sistemlerinin iyileştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu öngörü yeteneği, iklimle ilgili felaketlerin insani ve ekonomik zararlarını en aza indirmede, proaktif önlemler ve hızlı müdahaleler sağlamada etkilidir.

Ekosistem izleme ve doğa temelli çözümlerde yapay zeka, saha seçimini optimize eder ve ağaçlandırma ve sulak alan restorasyonu gibi girişimlerde proje ilerlemesini izler. Ekosistem direncini artırarak ve karbon birikimini ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını teşvik ederek, bu yapay zeka odaklı müdahaleler sürdürülebilir çevre yönetimine önemli ölçüde katkıda bulunur.

Dahası, yapay zeka odaklı inovasyon, iklim etkilerine karşı dirençli yeni teknolojilerin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu gelişmeler, altyapı dayanıklılığını desteklemenin yanı sıra uzun vadeli uyum ve azaltma stratejileri için gerekli olan sürdürülebilir uygulamaları da teşvik etmektedir. YZ, iklime dirençli toplulukların oluşturulmasına ve dirençli teknolojilerin benimsenmesini teşvik ederek genel toplumsal dayanıklılığın artırılmasına katkıda bulunur.

Ayrıca YZ, eğitim araçları yoluyla katılımı ve farkındalığı kolaylaştırarak topluluk katılımını güçlendirir. Bu girişimler, yerel nüfusu iklim adaptasyon çabalarına aktif olarak katılmaları için güçlendirmekte, dirençli topluluklar oluşturmaya yönelik bir sahiplenme ve kolektif eylem duygusunu teşvik etmektedir.

Politika ve yönetim açısından yapay zeka, iklim etkileri, uyum stratejileri ve toplumsal kırılganlıklara ilişkin kapsamlı veri setlerini analiz ederek kanıta dayalı politika oluşturmaya desteklemektedir. Bu analitik yetenek, hükümetlerin yerel zorlukları ele alan ve SKH'leri teşvik eden etkili iklim politikaları ve düzenlemeleri geliştirmelerine yardımcı olur.

Genel olarak, YZ'nin gelişmekte olan ve dönüşümsel adaptasyon teknolojilerine entegrasyonu, iklim esnekliği stratejilerinin ilerletilmesindeki araçsal rolünün altını çizmektedir. Gelişmekte olan ülkeler, sürdürülebilir kalkınma ve çevre yönetimini teşvik ederken iklim değişikliğinin etkilerine karşı dayanıklılıklarını artırmak için YZ'nin yeteneklerinden yararlanabilir.

Özetle, yapay zeka destekli çözümler, Teknoloji Mekanizması Ortak Çalışma Programının çeşitli tematik alanlarda uygulanmasını desteklemek için önemli bir potansiyel sunmaktadır. NSI'nin geliştirilmesinden ve su-enerji-gıda sistemlerinin optimize edilmesinden enerji sistemlerinde, binalarda ve altyapıda devrim yaratmaya kadar, YZ verimliliği, sürdürülebilirliği ve dayanıklılığı artırabilir. YZ, ortak çalışma programının hedeflerine ulaşılmasında ve sürdürülebilir kalkınmanın küresel hedeflerinin ilerletilmesinde, iş dünyası ve endüstrideki benzersiz zorlukları ve fırsatları ele alarak ve aynı zamanda ortaya çıkan adaptasyon teknolojilerinin geliştirilmesini teşvik ederek merkezi bir rol oynayabilir.

1.2. CTCN'nin Teknik Destek ve Kapasite Geliştirme Projelerindeki Rolü

CTCN halihazırda yapay zekanın potansiyeline uygun çeşitli teknik yardım ve kapasite geliştirme projeleri başlatmıştır. İklim değişikliği sorunlarını ele almak için dijital teknolojilerin ve yenilikçi çözümlerin kullanılmasında ülkeleri aktif olarak desteklemektedir. CTCN, yapay zeka ve nesnelerin interneti de dahil olmak üzere yeni ortaya çıkan dijital araçların keşfedilmesini ve entegrasyonunu kolaylaştırarak, ülkelere dayanıklılık oluşturma ve iklime uyum çabalarını geliştirme konusunda yardımcı olmaktadır. Tablo 7, CTCN'nin çeşitli ülkelerdeki teknik yardım girişimlerinin örneklerini göstermekte ve bu dijital müdahalelerin farklı iklim bağlamlarındaki sonuçlarını ve etkilerini vurgulamaktadır (CTCN 2023).

CTCN Teknik Destek Örnekleri	Ülke Çıktıları ve Etkileri
Gelişmekte olan dijital teknolojilerin araştırılması ve dijital araçların pilot uygulamalarının yapılması: CTCN, ülkeleri yapay zeka, IoT, bulut bilişim, blok zinciri ve açık veri gibi yeni teknolojilerin iklim potansiyelini keşfetme konusunda desteklerken, iklim adaptasyonunu teşvik etmek ve aşağıdaki alanlarda dayanıklılığı artırmak için yerel olarak uyarlanmış dijital çözümler geliştirir ve pilot uygulamalar yapar topluluklar.	Kamboçya: Alt ulusal adaptasyon için iklim risk değerlendirmesi ve iklim değişikliğine adaptasyon için yerel iklim bilgi sisteminin (LISA) kurulması. Eswatini: Ulusal Afet Yönetim Ajansı'nın (NDMA) zarar görebilirlik değerlendirmeleri ve müdahale planlaması için İHA ve uzaktan algılama teknolojilerini uygulamasının güçlendirilmesi. Gürcistan: Borjomi-Kharagauli Milli Parkı'nda yenilikçi uzaktan algılama araçlarıyla entegre izleme ve erken uyarı orman yangınları tespit sistemi kurulması. Nepal: İklimle dirençli tarım için özelleştirilmiş hava ve iklim bilgi sistemi.

	Samoa: Ormancılık sektöründen kaynaklanan karbon yutaklarının Dünya gözlemi kullanılarak ölçülmesi için bir çerçeve ve metodoloji geliştirilmesi. Güney Afrika: Mbombela Şehrinde iklim adaptasyonu için ağaç izleme. Sudan: İklim dirençli tarımı ve gıda güvenliğini desteklemek için toprak erozyonu değerlemesi.
--	--

Tablo 7. İklim Eylemi için Gelişen Dijital Teknolojilere İlişkin CTCN Teknik Destek Girişimlerine Örnekler

CTCN'nin teknik destek çalışmaları, çeşitli yenilikçi araç ve platformları bir araya getirerek iklim eyleminde dijitalleşme için bir temel oluşturmuştur. Yapay zeka henüz bu projelerde birincil odak noktası olmasa da, tahmine dayalı analitik için makine öğrenimi ve gerçek zamanlı veri toplama için IoT kullanımı gibi yapay zeka ile ilgili unsurlar entegre edilmiştir. Bu unsurlar, daha fazla yapay zeka odaklı uygulamayı açıkça içerecek şekilde genişletilebilecek bir başlangıç noktasını temsil etmektedir. Gelecekteki girişimler, kapsamlı iklim eylemini desteklemek için yapay zekanın potansiyelini daha stratejik bir şekilde kullanabilir, büyük miktarda veriyi işleme, karar vermeyi iyileştirme ve iklimle ilgili müdahaleleri optimize etme yeteneğinden yararlanabilir.

CTCN'nin dijitalleşme çabalarıyla attığı mevcut zemin, yapay zekanın gelişmekte olan ülkelerdeki iklim eylemlerine entegrasyonu için umut verici fırsatlar yaratmaktadır. CTCN, mevcut projeleri daha fazla YZ güdümlü araç ve teknolojilerle geliştirerek EAGÜ'lerde ve SIDS'de iklim direnci ve uyum stratejilerini önemli ölçüde ilerletebilir. Bu girişimlerin genişletilmesi, iklim değişikliğinin küresel olarak ortaya çıkardığı çeşitli ve gelişen zorlukların üstesinden gelmede YZ'nin rolünü ölçeklendirmek için çok önemli olacaktır.

CTCN'nin kapasite geliştirme programları gibi girişimler, yerel paydaşlara eğitim ve kaynak sağlayarak iklim teknolojilerinde yapay zekanın benimsenmesini desteklemeyi amaçlamaktadır. Bu programlar ayrıca iklim veri yönetimi için dijital platformlar ve yapay zeka destekli erken uyarı sistemleri geliştirmek gibi teknik yardımlar da sunmaktadır. Ayrıca CTCN, dijital araçların iklim adaptasyonu ve azaltım çabalarına entegre edilmesine odaklanan teknik yardım projelerini kolaylaştırmıştır. Örneğin, tarımsal dayanıklılığı artırmak, su kaynakları yönetimini iyileştirmek ve enerji sistemlerini optimize etmek için yerel yönetimler ve kurumlarla işbirliği içinde yapay zeka güdümlü araçlar geliştirilmiştir. Bu çabalar, Teknoloji Mekanizmasının hedefleriyle uyumludur ve YZ'nin EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde kapasite geliştirme ve teknik yardımı desteklemedeki uygunluğunu göstermektedir.

Bu örnekleri genişletmek, YZ uygulamalarının Teknoloji Mekanizması Ortak Çalışma Programı bağlamında halihazırda nasıl araştırıldığını ve uygulandığını vurgulamaktadır. Bu entegrasyon, YZ'nin TEC ve CTCN tarafından belirlenen teknoloji ve kapasite geliştirme hedeflerine ulaşmak için kilit bir kolaylaştırıcı olarak konumlandırılmasını ve nihayetinde gelişmekte olan ülkelerdeki iklim eylemlerinin etkinliğini ve ölçeklenebilirliğini artırmasını sağlar.

1.3. TNA Sonuçlarının Uygulanması için Yapay Zeka

TNA'lar, ulusal iklim öncelikleriyle uyumlu teknoloji dağıtımı için bir yol haritası sağlar. TNA'ların uygulanması, gelişmekte olan ülkelerin etkili iklim eylemi için teknoloji ihtiyaçlarını belirlemesi ve önceliklendirmesi için gereklidir. Bu değerlendirmeler, diğerlerinin yanı sıra enerji, tarım, su yönetimi, altyapı ve sanayi gibi bir dizi tematik alanı kapsamaktadır. Her TNA belirli teknoloji ihtiyaçlarını tanımlar ve bu teknolojileri ulusal iklim stratejilerine entegre etmek için eylem planları önerir. Ana odak noktası, yapay zeka destekli çözümlerin TNA'nın uygulanmasını nasıl destekleyebileceği ve geliştirebileceğidir.

Teknoloji eylem planları ve kapasite geliştirme girişimleri de dahil olmak üzere aşağıdaki tematik alanlardaki sonuçlar, çeşitli alanlarda iklim eyleminde yapay zeka uygulamalarını araştıran raporun 4. Bölümündeki içgörü ve bulgulara dayanmaktadır. Yapay zeka destekli çözümlerin TNA sonuçlarının uygulanmasını destekleyebileceği tespit edilen önemli fırsatlar arasında şunlar yer almaktadır:

Enerji sektörü: Yapay zeka, talep modellerini tahmin ederek, şebeke operasyonlarını yöneterek ve yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde entegre ederek enerji üretimini, dağıtımını ve tüketimini optimize edebilir. Yapay zeka odaklı analitik, enerji verimliliği önlemlerini geliştirebilir ve akıllı şebeke teknolojilerinin dağıtımını destekleyebilir.

Tarım ve gıda güvenliği: Yapay zeka destekli araçlar, IoT sensörlerinden elde edilen veriye dayalı içgörüler aracılığıyla sulama, gübre kullanımı ve hasare yönetimini optimize edebilir. Bu, su tasarrufu sağlarken ve çevresel etkiyi azaltırken mahsul verimini artırır. Yapay zeka ayrıca mahsul verimini tahmin ederek ve gıda dağıtım ağlarını optimize ederek gıda güvenliği girişimlerini de destekleyebilir.

Su yönetimi: Yapay zeka, su kaynaklarının gerçek zamanlı izlenmesini kolaylaştırır, kullanım modellerini tahmin eder, sızıntıları tespit eder ve su dağıtım ağlarını optimize eder. Bu yetenekler, sürdürülebilir su yönetimi uygulamalarına ve iklim kaynaklı su streslerine karşı dayanıklılığa katkıda bulunur.

Altyapı ve dayanıklı inşaat: Yapay zeka odaklı öngörücü bakım, yapısal sağlığı izleyerek, bakım ihtiyaçlarını tahmin ederek ve onarımları proaktif olarak planlayarak altyapının ömrünü uzatır. Yapay zeka, dayanıklı inşaat uygulamalarını bilgilendirmek için iklim tehlikelerinin altyapı üzerindeki etkilerini simüle edebilir ve iklim değişikliğinin etkileri karşısında altyapının dayanıklılığını sağlayabilir.

Endüstri ve üretim: Yapay zeka, öngörücü bakım, kalite kontrol ve tedarik zinciri yönetimi yoluyla endüstriyel süreçleri optimize eder. Bu, operasyonel verimliliği artırır, kaynak tüketimini azaltır ve sürdürülebilir üretim uygulamalarının benimsenmesini destekler. YZ ayrıca iklim etkilerine karşı dirençli yeni teknolojilerin geliştirilmesine yardımcı olarak sanayi sektörlerinde inovasyonu teşvik eder.

Afet riskinin azaltılması: Yapay zeka, aşırı hava olaylarıyla ilişkili riskleri tahmin etmek ve azaltmak için büyük veri kümelerini analiz ederek afete hazırlığı ve müdahaleyi geliştirir. Aşırı hava olayları için yapay zeka destekli erken uyarı sistemleri, savunmasız topluluklara zamanında uyarılar sağlayarak proaktif afet yönetimi stratejilerini kolaylaştırır ve insani ve ekonomik kayıpları azaltır. Yapay zeka, farklı tehlike senaryolarını simüle ederek etkili müdahale stratejilerinin planlanmasına ve uygulanmasına yardımcı olur. Bu, tahliye rotalarının tasarlanmasını, acil durumlar sırasında kaynak tahsisinin optimize edilmesini ve bilgilerin zamanında yayılmasını sağlamak için iletişim sistemlerinin iyileştirilmesini içerir.

Bu fırsatlar, TNA'larda belirtilen belirli zorlukları ele almak için yapay zekanın yeteneklerinden yararlanarak gelişmekte olan ülkelerde daha sürdürülebilir iklim eylem stratejilerine katkıda bulunur.

Buna ek olarak, YZ'nin TNA'lardan türetilen teknoloji eylem planlarına entegrasyonu, YZ'nin veri analitiği, tahmine dayalı modelleme ve karar destek sistemlerindeki yeteneklerinden yararlanarak etkinliklerini artırır. Bu gelişmeler, EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin mevcut zorlukların üstesinden gelmelerini ve iklime dayanıklılık ve sürdürülebilirlik yolunda ilerlemeyi hızlandırmalarını sağlayabilir. Yapay zeka odaklı içgörüler ayrıca hükümetlerin ve paydaşların teknoloji yatırımlarına öncelik vermesine, kaynakları verimli bir şekilde tahsis etmesine ve iklim uyum girişimlerinin ilerlemesini izlemesine olanak tanır. Gelişmekte olan ülkelere vaka çalışmaları, iklim teknolojilerinin ölçeklendirilmesinde ve SKH'lere ulaşılmasında YZ'nin rolünü göstermektedir.

Sonuç olarak, YZ, gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için kritik tematik alanlarda TNA sonuçlarının uygulanmasını geliştirmek ve böylece sürdürülebilir ve iklime dirençli kalkınma yollarına geçişlerini hızlandırmak için önemli fırsatlar sunmaktadır. YZ'nin TNA sonuçlarına entegrasyonu, teknolojik yeniliği teşvik etmekte, uyum kapasitesini güçlendirmekte ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı dayanıklılığı artırmaktadır. Politika yapıcılar ve uygulayıcılar, kilit sektörlerde YZ'nin potansiyelini ortaya çıkararak iklim stratejilerini optimize edebilir, riskleri azaltabilir ve kapsayıcı ve sürdürülebilir kalkınma yollarını teşvik edebilirler.

1.4. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini Destekleyen Yapay Zeka Destekli Çözümler

YZ, en acil küresel zorluklardan bazılarını yenilikçi çözümler sunarak SKH'lerin başarısını hızlandırma potansiyeline sahiptir. İklim eylemi ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında YZ, verimliliği artırarak, karar vermeyi geliştirerek ve dayanıklılığı teşvik ederek TNA sonuçlarının uygulanmasını destekleyebilir. Tablo 8'de, YZ destekli çözümlerin önemli bir etki yaratabileceği ve YZ'nin sürdürülebilir kalkınma ve iklim direncini teşvik etmek için stratejik olarak nasıl kullanılabileceğini gösteren belirli SKA'ların ve hedeflerin bir taslağı sunulmaktadır.

SDG	Hedef	Yapay Zeka Destekli Çözüm
SKH 2: Sıfır Açlık	Hedef 2.3: Küçük ölçekli gıda üreticilerinin tarımsal verimliliğinin ve gelirlerinin iki katına çıkarılması	• Yapay zeka destekli hassas tarım: Küçük ölçekli çiftçilere mahsul yönetimi, haşere kontrolü ve verimli sulama teknikleri hakkında gerçek zamanlı tavsiyeler sağlamak için yapay zekanın kullanılması ve böylece üretkenlik ve sürdürülebilirlik.
SKA 6: Temiz Su ve Sanitasyon	Hedef 6.4: Su kullanımını artırmak verimlilik ve sürdürülebilir tatlı su çekimi ve tedariki sağlamak	• Su yönetimi için yapay zeka: Suyu optimize etmek için yapay zekadan yararlanma dağılımı, su kalitesinin izlenmesi ve su kıtlığı sorunlarının öngörülmesi, sürdürülebilir su kullanımı ve yönetiminin geliştirilmesi.
SKA 7: Uygun Fiyatlı ve Temiz Enerji	Hedef 7.2: Yenilenebilir enerjinin küresel enerji karışımındaki payının artırılması	• Yenilenebilir enerji optimizasyonunda yapay zeka: Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu ve işletimini optimize etmek için yapay zeka destekli sistemlerin uygulanması güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları, verimliliği ve güvenilirliği artırır.
SKA 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı	Hedef 9.4: Altyapının iyileştirilmesi ve endüstrilerin güçlendirilmesi kaynak kullanım verimliliğinin artırılması ile sürdürülebilir	• Akıllı altyapıda yapay zeka: İklimle dirençli altyapı geliştirmek, öngörücü bakım ve endüstrilerde kaynak kullanımını optimize etmek için yapay zeka tabanlı çözümler tasarlamak.
SKA 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar	Hedef 11.5: Doğal afetlerin olumsuz etkilerinin azaltılması	• Afet risk yönetimi için yapay zeka: Afet risk yönetimini geliştirmek için yapay zeka destekli erken uyarı sistemlerinin ve karar destek araçlarının yaygınlaştırılması afete hazırlık ve müdahale, aşırı hava olaylarının etkilerini en aza indirme.
SKH 13: İklim Eylemi	Hedef 13.1: İklimle ilgili tehlikelere ve doğal afetlere karşı dayanıklılığın ve uyum kapasitesinin güçlendirilmesi	• İklim direncinde yapay zeka: Uyarlanabilir stratejiler geliştirmek, afet müdahalesini iyileştirmek ve toplulukların iklim etkilerine karşı direncini artırmak için yapay zekayı kullanmak.
SKH 14: Suyun Altında Yaşam	Hedef 14.2: Deniz ve kıyı ekosistemlerinin sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ve korunması	• Deniz ekosistemi yönetimi için yapay zeka: Deniz biyoçeşitliliğini izlemek, iklimin deniz yaşamı üzerindeki etkilerini tahmin etmek ve sürdürülebilir balıkçılık yönetimini desteklemek için yapay zeka teknolojilerinin uygulanması.
SKH 15: Karada Yaşam	Hedef 15.1: Karasal ve tatlı su ekosistemlerinin korunmasını sağlamak	• Biyoçeşitliliğin korunmasında yapay zeka: Biyoçeşitliliği izlemek ve korumak, koruma alanlarını yönetmek ve yasadışı ağaç kesme ve kaçak avlanma faaliyetlerini tespit etmek için yapay zekadan yararlanmak.
SKH 17: Hedefler için Ortaklıklar	Hedef 17.6: Bilim, teknoloji ve inovasyon konusunda uluslararası işbirliğinin ve bunlara erişimin artırılması	• Küresel işbirliği için yapay zeka: YZ platformları aracılığıyla uluslararası işbirliğini ve bilgi paylaşımını kolaylaştırmak, küresel iklim girişimlerini desteklemek ve eşitlik sağlamak yapay zeka teknolojilerine erişim.

Tablo 8. Sürdürülebilir kalkınma ve iklim direncini teşvik etmek için SKA amaç ve hedefleriyle uyumlu yapay zeka destekli çözümler

Yapay zeka destekli çözümleri bu belirli SKH amaç ve hedefleriyle uyumlu hale getirerek, gelişmekte olan ülkeler TNA sonuçlarını etkili bir şekilde uygulayabilir, iklim direncini artırabilir ve sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunabilir.

2. Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Eylemi için Yapay Zeka Kullanımının Riskleri ve Zorlukları
Gelişmekte olan ülkeler iklim eylemi için YZ teknolojilerini benimsedikçe, gelişmiş ülkelerin karşılaştıklarından farklı olarak, bu teknolojilerin etkinliğini ve eşitliğini engelleyebilecek benzersiz riskler ve zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bu zorluklar çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır ve bu zorlukları anlamak, YZ'nin faydalarını en üst düzeye çıkarırken, olumsuz etkilerini veya zararlı uygulamalarını en aza indiren stratejiler geliştirmek ve YZ teknolojilerinin kullanımının herkes için sorumlu, etik ve adil olmasını sağlamak için gereklidir.

2.1. Enerji ve Su Tüketimi

YZ teknolojilerinin yaşam döngüsü - geliştirme, dağıtım, bakım ve bertaraf dahil - enerji kaynaklarını sistematik olarak zorlamakta ve sera gazı emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Bu etkiler, çevre üzerindeki *doğrudan*, *dolaylı* ve *sistemik* etkiler olarak sınıflandırılmaktadır (Bibri vd., 2023). *Doğrudan* etkiler, özellikle veri merkezleri yenilenemeyen enerji kaynaklarına dayandığında, sera gazı emisyonlarını doğrudan artıran YZ modellerinin eğitimi ve çalıştırılmasıyla ilgili enerji yoğun süreçleri ifade eder. Örneğin, GPT-4 gibi büyük dil modellerini eğitmek ve YZ sistemlerini çalıştırmak için elektrik talebi, ilgili veri merkezlerinin enerji karışımına bağlı olarak önemli karbon emisyonlarına yol açabilir.

Dolaylı etkiler, genel elektrik talebini artırmak, soğutma sistemleri için su kullanımını artırmak ve doğal kaynakların tükenmesini hızlandırmak gibi yaygın YZ benimsemesinin ikincil sonuçlarını içerir. Dolaylı etkiler, önemli miktarda enerji ve kaynak gerektiren yapay zekayı destekleyen donanım bileşenleri ve altyapıların üretimine yönelik artan talebi de içermektedir.

Sistemik etkiler, YZ teknolojilerinin bir bütün olarak çevre ve toplum üzerindeki daha geniş, birbirine bağlı ve uzun vadeli etkilerini yakalayarak bu doğrudan ve dolaylı sonuçların ötesine geçmektedir. Sistemik etkiler aşağıdakileri içerebilir:

- YZ güdümlü süreçlerin, enerji yoğun teknolojilere artan bağımlılık gibi toplumsal davranışları etkileme şekli.
- Yapay zekanın yaygın olarak benimsenmesinin altyapı, kaynak çıkarımı ve atık üretimi üzerindeki kümülatif ve bileşik etkileri.
- YZ ekosistemlerinin sürdürülemez uygulamaları güçlendirebileceği ve böylece çevresel bozulmayı daha da kötüleştirebileceği geri bildirim döngülerinin oluşturulması.

YZ ve iklim değişikliği bağlamında, *sistemik etkiler*, YZ'nin toplumun ve çevrenin çeşitli katmanlarında benimsenmesinin birbirine bağlı ve basamaklı sonuçlarını vurgulamaktadır. Bu etkilerin tahmin edilmesi genellikle zordur ve anlık enerji tüketiminin ötesine geçen istenmeyen dalgalanma etkilerine yol açabilir. Bu zorlukların ele alınması, sürdürülebilir kalkınmayı entegre eden, kaynak kullanımını optimize eden ve bu basamaklı etkileri azaltmak için sorumlu YZ yönetişimi sağlayan kapsamlı stratejiler gerektirir. Toplum, bu zorlukların farkına vararak ve bunları proaktif bir şekilde ele alarak, sürdürülebilir bir geleceğin önünü açmak için yapay zekadan yararlanabilir. Bu bağlamda, proaktif önlemler arasında elektrik şebekelerinin karbonsuzlaştırılmasının hızlandırılması, yeşil çimento ve çelik gibi düşük karbonlu malzemeler için piyasaların teşvik edilmesi ve

enerji tasarruflu donanımların geliştirilmesi. YZ algoritmalarını optimize etmek ve YZ geliştirmede sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek de YZ'nin çevresel ayak izini azaltmaya yönelik kritik adımlardır.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU 2024b, c), **Yeşil Dijital Eylem Girişimi**'nin bir parçası olarak yapay zekanın rolüne özel bir vurgu yaparak BİT sektörünün çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin altını çizmektedir. BİT sektörü, enerji sistemlerini optimize etmek, akıllı şebekeleri uygulamak, endüstriyel verimliliği artırmak ve iklim değişikliği modellerine ilişkin değerli bilgiler sunmak gibi sürdürülebilirliği ilerletmek için benzersiz fırsatlar sunmaktadır. Bununla birlikte, artan enerji ve su tüketimi, sera gazı emisyonları ve kritik hammaddelere olan talep gibi önemli çevresel zorlukları da beraberinde getirmektedir. Yeşil Dijital Eylem girişimi, özellikle yapay zekanın bu daha geniş bağlamdaki etkisine odaklanmaktadır. Başta ML/DL ve GenAI olmak üzere YZ teknolojileri giderek daha sofistike hale gelmekte ve daha fazla hesaplama talebine yol açmaktadır. Bu artış, ICT sektörünün enerji kullanımına ve çevresel ayak izine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. YZ sistemleri giderek daha fazla enerji yoğun veri merkezlerine ve iletişim ağı altyapılarına dayandıkça, çevresel etkileri de artmaktadır. Bu veri merkezlerinin inşası ve işletilmesi, genellikle yenilenemeyen kaynaklardan elde edilen ve sera gazı emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunan önemli miktarda enerji gerektirmektedir. Ayrıca, bu veri merkezlerindeki soğutma sistemleri büyük miktarlarda su tüketerek çevresel kaygıları daha da artırmaktadır.

Şu anda, gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için YZ teknolojilerinin konuşlandırılması, özellikle su ve enerji tüketimi ile ilgili önemli zorluklar ortaya koymaktadır. Veri merkezlerini soğutmak ve YZ donanımı üretmek için gereken yoğun su kullanımı, LDC'ler ve SIDS dahil olmak üzere bu ülkelerdeki su kıtlığı sorunlarını daha da kötüleştirebilirken, YZ operasyonları için yoğun enerji tüketimi zaten sınırlı olan enerji kaynaklarını zorlayabilir. Veri merkezlerini soğutmak için su kullanımı, yerel su kaynaklarını zorlayarak tarım ve insan tüketimi gibi temel ihtiyaçlarla rekabet yaratabilir. Zaten su kıtlığı ile karşı karşıya olan bölgelerde, bu ek talep mevcut zorlukları daha da kötüleştirebilir ve su kullanımı konusunda potansiyel çatışmalara yol açabilir. Örneğin, suyun ürün sulaması için gerekli olduğu tarım topluluklarında, veri merkezlerini soğutmak için önemli miktarda suyun başka yöne aktarılması gıda üretimini ve geçim kaynaklarını olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, YZ teknolojilerinin üretimi, diğer gelişmiş BİT'lere benzer şekilde, çevre üzerindeki doğrudan etkilerinden biri olarak önemli miktarda su tüketimini içerir. Yarı iletkenler ve diğer elektronik bileşenler gibi YZ için donanım üretimi, büyük miktarlarda su gerektirir. Bu su kullanımı, YZ'nin ve ilgili makinelerin, teknolojilerin ve altyapıların hem üretim hem de işletme aşamalarını kapsayan çevresel ayak izine katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla, YZ sistemlerinin oluşturulması ve bakımında su tüketimi doğrudan bir çevresel etkidir.

Artan enerji tüketimi ile ilgili olarak, sera gazı emisyonlarını daha da kötüleştirebilir, özellikle 13.1 (İklimle ilgili tehlikelere ve doğal afetlere karşı dayanıklılığı ve uyum kapasitesini güçlendirmek) ve 13.2 (İklim değişikliği önlemlerini ulusal politikalara, stratejilere ve planlamaya entegre etmek) gibi hedefleri gerçekleştirmeyi amaçlayan SKH 13 YZ teknolojilerini baltalayabilir. Örneğin, veri merkezlerinin karbon ayak izi, iklim modelleme ve yenilenebilir enerji yönetiminde yapay zeka uygulamalarından elde edilen faydaları dengeleyebilir ve böylece olumlu etkilerini ortadan kaldırabilir. DL'dekiler gibi son teknoloji ürünü YZ modellerini eğitmek için gereken bilgi işlem gücü, büyük ölçüde enerji yoğun veri merkezlerine ve kapsamlı iletişim ağlarına bağlıdır.

YZ, özellikle DL yöntemleri, elde edilmesi, aktarılması, depolanması ve işlenmesi gereken büyük miktarlarda veri gerektirir ve bunların tümü önemli ekipman ve enerji gerektirir, dolayısıyla çevresel etkileri vardır (Ligozat ve ark. 2021). YZ, verileri hesaplamak, analiz etmek ve sınıflandırmak için önemli miktarda enerji gerektiren veri merkezlerine bağlıdır (Brevini et al 2021). DL modellerinin eğitimi, önemli ölçüde hesaplama süresi ve kaynak gerektirir,

Model daha iyi veri analizi için kapsamlı bir temsili öğrendikçe, model sürekli öğrenmeye devam ederse maliyetler daha da artar. Anthony ve diğerleri (2020), DL modellerinin eğitimiyle ilişkili karbon ayak izini izlemek ve tahmin etmek için tasarlanmış bir araç olan Carbontracker'ı tanıtmıştır. Araç, enerji tüketimini ve bunun sonucunda ortaya çıkan karbon emisyonlarını doğru bir şekilde izleyerek YZ eğitim süreçlerinin çevresel etkileri hakkında içgörü sağlamayı amaçlamaktadır (Anthony vd. 2020). 2019'da yayınlanan bir çalışma, ilk kez çalışan YZ programlarının enerji tüketimini ölçmeye çalışmış ve NLP'deki tipik bir YZ eğitim modelinin 284 tondan fazla CO₂ eşdeğeri yayabileceğini bulmuştur (Strubell vd., 2019). Çalışma, NLP modellerinin eğitiminin enerji tüketimi ve karbon ayak izi etkilerini vurgulamıştır. Henderson ve diğerleri (2020), ML/DL araştırmalarının iklim üzerindeki etkilerini anlamak için enerji ve karbon kullanımının doğru bir şekilde raporlanmasının önemini vurgulamaktadır.

Yapay zekanın giderek daha fazla benimsenmesiyle birlikte, veri merkezlerinin enerji tüketimi giderek daha fazla mercek altına alınmakta ve daha doğru veri toplama ve gelişmiş değerlendirme uygulamalarına duyulan ihtiyaç vurgulanmaktadır. IEA tarafından yayınlanan rapor (2024a), veri merkezlerinin elektrik talebine ilişkin önemli belirsizliklere işaret etmekte ve bu belirsizliklerin YZ'nin yayılma hızı, YZ uygulamalarının çeşitliliği ve enerji verimliliğindeki ilerleme potansiyeli gibi faktörlerden etkilendiğini belirtmektedir. Raporun yönetici özetinde (IEA 2024b) belirtildiği üzere, veri merkezleri ve YZ sistemlerinden kaynaklanan elektrik tüketiminin 2026 yılına kadar iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Veri merkezleri, çeşitli bölgelerde artan elektrik talebinin temel itici güçleridir. Bu merkezler 2022 yılında dünya çapında tahmini 460 terawatt-saat (TWh) elektrik tüketmiştir. Bu merkezlerin toplam elektrik tüketimi 2026 yılına kadar 1.000 TWh'yi aşabilir ki bu da yaklaşık olarak Japonya'nın tüm elektrik kullanımına eşittir. Enerji tüketimindeki bu önemli artışı azaltmak için, özellikle verimlilik iyileştirmelerine odaklanan güncellenmiş düzenlemeler ve teknolojik ilerlemeler çok önemli olacaktır. Geçmişteki gelişmeleri doğru bir şekilde izlemek ve gelecekteki eğilimleri daha iyi tahmin etmek için, veri merkezi endüstrisi için gelişmiş izleme ve ayrıntılı elektrik kullanım verileri kritik önem taşıyacaktır (EAI 2024a).

Yeni GenAI modelleri (örneğin, önceden eğitilmiş temel modeller), büyük modelleri eğitmek için önemli hesaplama kaynağı gereksinimleri nedeniyle yerel kaynak zorluklarını daha da kötüleştirebilir (Jakubik et al. 2023; Janowicz 2023; Bommasani et al. 2022), bu da daha yüksek enerji tüketimine ve dolayısıyla karbon emisyonlarının artmasına neden olabilir. Ayrıca, bu uygulamalar çoğaldıkça ve daha gelişmiş hale geldikçe (Huang, Bibri ve Keel 2024; Castelli ve Manzoni 2022), veri ve model iyileştirme için devam eden talep, enerji yoğun bir kullanım döngüsü yaratabilir ve potansiyel olarak sürdürülebilir YZ girişimleri tarafından kaydedilen ilerlemeyi olumsuz etkileyebilir.

Çok sayıda çalışma, üretici yapay zeka modellerinin üretilmesi ve eğitilmesi için gereken önemli enerji tüketimini değerlendirmiştir. Örneğin, araştırmacılar GPT-3'ün geliştirilmesinin yaklaşık 1.287 megawatt saat elektrik tükettiğini ve 552 ton CO₂ eşdeğeri ürettiğini tahmin etmişlerdir - bu, bir yıl boyunca kullanılan 123 benzinli binek aracın ürettiği emisyonlarla karşılaştırılabilir (Saenko 2023). Doğrudan enerji tüketimine ek olarak, yapay zeka modellerinin üretimi ve işletilmesiyle bağlantılı önemli çevresel maliyetler de söz konusudur. Bunlar arasında grafik işlem birimleri (GPU'lar) için nadir minerallerin çıkarılması ve büyük veri merkezlerini soğutmak için gereken büyük miktarda su bulunmaktadır (Luccioni 2023). YZ operasyonlarının ayrılmaz bir parçası olan veri merkezleri, öncelikle iklimlendirme sistemleri için büyük miktarlarda hem enerji hem de su tüketmektedir. Özellikle, LaMDA dil modelinin eğitiminde yaklaşık bir milyon litre su kullanıldığı tahmin edilmektedir (Dolby 2023). Ayrıca, büyük dil modellerinin (LLM'ler) enerji ve su kullanımını etkileyen konuma özgü değişkenler de vardır. Örneğin Microsoft, Asya'daki veri merkezlerinin Amerika'dakilere göre önemli ölçüde daha az su verimli olduğunu bildirmiştir (Dolby 2023). Daha sıcak yazlar, artan soğutma ihtiyacı ve daha yüksek buharlaşma nedeniyle daha fazla su tüketimine yol açtığından mevsimsel faktörler de bir rol oynamaktadır.

oranları (Dolby 2023). Bu çalışmalar, enerji tüketiminin ötesine geçerek daha geniş kaynak kullanımını ve konuma bağlı verimsizlikleri de içerecek şekilde YZ modellerinin çok yönlü çevresel etkilerini toplu olarak vurgulamaktadır.

Ayrıca, araştırmacılar GPT-4 gibi bir modelin eğitilmesinin yaklaşık 300 ton karbon ürettiğini tahmin etmektedir; bu da New York ve Pekin arasındaki 125 gidiş-dönüş uçuşunun ürettiği emisyonu eşdeğerdir (Kumar ve Davenport 2023; Deeb ve Garel-Frantzen 2023). YZ teknolojisi ilerledikçe, modellerin artan karmaşıklığı ve ihtiyaç duydukları daha büyük veri kümeleri daha da fazla enerji gerektireceğinden, bu karbon ayak izinin büyümesi beklenmektedir (An et al. 2023). Kullanıcı tarafında, üretici bir YZ sorgusunun tipik bir Google araması veya diğer arama motoru sorgusundan dört ila beş kat daha fazla karbon emisyonu ürettiği bulunmuştur (Saenko 2023). Sorgu başına enerji tüketimi modelin eğitilmesinden daha az olsa da, sorguların büyük hacmi önemli ölçüde enerji kullanımına katkıda bulunur ve üretken YZ tarafından tüketilen toplam enerjinin %90'ına kadarını oluşturur (Kumar ve Davenport 2023). Enerji taleplerine ek olarak, üretken YZ modellerinin su tüketimi üzerinde de kayda değer etkileri vardır. Örneğin, 20 ila 50 sorgu için ChatGPT ile etkileşime girmenin, etkileşime güç sağlayan elektriğin nerede üretildiğine bağlı olarak 500 mililitrelik bir şişe suya eşdeğer su gerektirebileceği tahmin edilmektedir (Dolby 2023).

Diğer çalışmalar YZ'nin artan kaynak taleplerini vurgularken, küresel olarak YZ şu anda küresel sera gazı emisyonlarının küçük bir kısmına (yaklaşık %0,01) katkıda bulunmaktadır ve hızlı büyüme oranlarıyla bile, operasyonel ayak izinin öngörülebilir gelecekte sera gazı emisyonlarına önemli bir katkıda bulunması beklenmemektedir (Luers ve ark., 2024). Sektörün hızlı evrimi, YZ teknolojilerinin enerji ve kaynak etkilerini birkaç yılın ötesinde güvenilir bir şekilde tahmin etmeyi neredeyse imkansız hale getirmektedir. Bazı çalışmalar, YZ elektrik kullanımındaki geçmiş eğilimleri basitçe tahmin etmektedir, ancak bu tahminler genellikle kritik sosyal, ekonomik ve teknolojik faktörleri göz ardı ederek önemli tahmin hatalarına yol açmaktadır (Masanet vd., 2020; Chen vd. 2024). Dahası, YZ ile bağlantılı dolaylı emisyonlara aşırı basit bir bakış açısıyla yaklaşmak, pil teknolojisini hızla ilerletmek veya yenilenebilir enerji sistemlerini optimize etmek gibi iklim çözümü atılımlarını teşvik etme potansiyelini küçümseme riski taşımaktadır (Luers ve ark., 2024).

YZ'nin çevresel etkisini doğru bir şekilde değerlendirmek için, kaynak kullanımı, teknolojik gelişmeler ve ekonomik değişimler gibi faktörleri göz önünde bulundurarak alternatif gelecekleri araştırarak bütünsel senaryolara ihtiyaç vardır (Luers ve ark., 2024). Her teknoloji gibi YZ de su, enerji ve diğer kaynaklara ihtiyaç duymaktadır ve bu kaynakların en aza indirilmesi ve sürdürülebilir bir şekilde tedarik edilmesi gerekmektedir. Buna karşılık, veri merkezleri düşük karbonlu malzemeler kullanılarak inşa edilmeli ve bu etkileri azaltmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine uyum sağlamak için sıfır karbonlu enerji kaynakları ile güçlendirilmelidir.

Bununla birlikte, yeşil YZ veya genel olarak yeşil bilişim alanındaki araştırmalar, çevresel olarak sürdürülebilir YZ teknolojileri yaratmaya adanmıştır. Gelişmekte olan bu alan, YZ geliştirme ve dağıtımıyla ilişkili karbon ayak izini ve enerji tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır (Lannelongue et al. 2020; Verdecchia et al. 2022; Wheeldon et al. 2020; Yokoyama et al. 2023). Araştırmacılar, algoritmaları optimize ederek, donanım verimliliğini artırarak ve veri merkezi operasyonlarını iyileştirerek YZ sistemlerinin çevresel etkisini en aza indirmeye çalışmaktadır. Özellikle, YZ sistemleri daha düşük enerji kullanımı ile benzer performans elde edebilir. Yeşil YZ girişimleri genellikle YZ teknolojilerinin sürdürülebilirliğini değerlendirmek ve teşvik etmek için metrikler ve standartlar geliştirmeyi içerir (örneğin, Schwartz ve ark. 2020; Raman ve ark. 2024) ve YZ'deki ilerlemelerin ekolojik sağlık pahasına gelmemesini sağlar.

Yukarıdakilere ek olarak, ITU (2024b, c) sürdürülebilir YZ gelişimini sağlamak için YZ'nin çevresel etkilerini ele alma ihtiyacını vurgulamaktadır. Bu, YZ sistemlerinin enerji verimliliğini artırmayı ve veri merkezlerine güç sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmeyi içerir. Aslında, birçok veri merkezi, tutarlı güç kullanılabilirliği sağlamak için diğer yenilenebilir kaynaklarla birlikte güneş/rüzgar enerjisini kullanmaktadır.

Jeotermal enerji, veri merkezlerine güç sağlamak için yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Cooding 2024; The Verge 2023). Güneş ve rüzgar enerjisi, veri merkezlerine güç sağlamak için mevcut olan en önemli yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alsa da, her ikisinin de birincil enerji kaynakları olarak uygulanabilirliklerini etkileyen farklı zorlukları vardır:

- Kesinti sorunları: Güneş enerjisi yalnızca gündüz saatlerinde üretilir ve hava koşullarından etkilenir. Bu kesintilik, güneş enerjisinin tek başına akü depolama veya yedek jeneratörler gibi tamamlayıcı sistemler olmadan güvenilir bir güç kaynağı sağlayamayacağı anlamına gelir. Güneş gibi rüzgar da kesintilidir; hava koşullarına bağlıdır ve her zaman veri merkezleri için en yoğun talep dönemleriyle aynı hızda olmayabilir. Bu nedenle, rüzgar enerjisini entegre etmek genellikle enerji depolama veya birden fazla enerji kaynağını birleştiren hibrit sistemler için ek altyapı gerektirir.
- Konum bağımlılığı: Rüzgar santrallerinin genellikle güçlü ve sürekli rüzgar alan bölgelerde konumlandırılması gerekir, bu da genellikle birçok veri merkezinin bulunduğu şehir merkezlerinden uzakta konumlandırıldıkları anlamına gelir. Bu da iletim maliyetlerinin artmasına neden olabilir.
- Verimlilik ve Maliyet: Güneş panelleri yıllar içinde giderek daha verimli ve uygun maliyetli hale gelmiş, kurulum maliyetleri önemli ölçüde düşmüştür. Bununla birlikte, hala önemli miktarda alan gerektirirler; büyük bir veri merkezinin enerji taleplerini karşılamak için çok sayıda panel gerekebilir.

Farklı bir perspektiften bakıldığında, GenAI'nin hızla gelişen ortamında, Küçük Dil Modelleri (SLM'ler), LLM'ler gibi geleneksel olarak büyük ve enerji yoğun modellere kaynak açısından verimli bir alternatif olarak dikkat çekmektedir. SLM'ler daha az parametre kullanarak daha sürdürülebilir bir yaklaşım sunar, bu da daha az hesaplama ve enerji talebi ile sonuçlanır. Bu da onları özellikle LDC'ler ve SID'ler gibi kaynakların kısıtlı olduğu ortamlarda ve verimliliğin çok önemli olduğu iklimle ilgili belirli uygulamalarda kullanım için avantajlı kılmaktadır.

Önemli miktarda kaynak tüketen trilyon parametrelili LLM'ler yerine SLM'ler, belirli, amaca yönelik işlevler için enerji ve hesaplama kaynaklarından daha verimli bir şekilde yararlanabilen daha küçük ölçekli, hafif modeller olarak ortaya çıkmaktadır. Bu değişim, YZ modellerinin enerji verimliliği ve erişilebilirliğin kritik olduğu çeşitli sektörlerde giderek daha fazla entegre olması nedeniyle özellikle önemlidir. SLM'ler, sınırlı enerji veya sunucu/GPU kaynaklarına sahip LDC'ler ve SID'lerin yanı sıra dikkatle tanımlanmış parametrelere sahip iklimle ilgili kullanım durumları için önemli avantajlar sunmaktadır. Örneğin, GPT-4 1,76 trilyon parametre içerirken, Llama2 7B gibi açık kaynaklı SLM'ler yalnızca 7 milyar parametre içerir, bu da SLM'lerin genellikle önemli ölçüde daha az hesaplama ve enerji gerektirdiğini gösterir. Bu açık kaynaklı SLM'ler halihazırda önde gelen firmalar tarafından benimsenmekte ve kamunun kullanımına sunulmaktadır.

Ayrıca, enerji yoğun ön eğitim aşamasında, SLM'ler arasındaki güç tasarrufu farkı bile önemlidir. Llama 2 7B SLM 30,22 tCO₂EQ karbon emisyonu üretirken, daha büyük olan Llama 2 70B SLM önemli ölçüde daha büyük 291,42 tCO₂EQ emisyon üretmiştir. Bu keskin fark, özellikle enerji tüketimi teknoloji endüstrisinde giderek artan bir endişe haline geldikçe, SLM'lerin daha sürdürülebilir yapay zeka uygulamalarına katkıda bulunma potansiyelini vurgulamaktadır. Teorik olarak, SLM'ler daha küçük, daha sıkı yönetilen veri kümeleri üzerinde eğitildikleri için nihayetinde önyargıya daha az eğilimli olabilirler.

Ayrıca, bir zamanlar imkansız olduğu düşünülen yeni bir teknoloji olan yazılım tanımlı depolama, sanal (bulut tabanlı) bir YZ altyapı mimarisinde bellek kaynaklarının dinamik olarak ölçeklendirilmesini sağlar. Örneğin, bellek tek bir fiziksel sunucunun ötesine genişletilebilir ve kaynakların yapay zeka eğitimi amacıyla birleşik bir görüntüde tüm veri merkezine bağlanmasına olanak tanır. Bu esneklik, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar, özellikle

yoğun YZ görevleri sırasında. Görev tamamlandığında, bu bellek kaynakları verimli bir şekilde ölçeklendirilebilir ve daha büyük YZ iş yükleri artık çalışmadığında fiziksel bellek kapatılabilir. SWIFT küresel finans sistemi tarafından gerçek zamanlı YZ anomali tespiti için halihazırda kullanılan bu yaklaşım, YZ uygulamalarında veri merkezi güç tüketimini önemli ölçüde azaltır ve Edge YZ kullanım durumları için de benzer faydalar sunar.

SLM'ler, özellikle yoğun ön eğitim aşamasında önemli enerji ve hesaplama tasarrufları sunarak daha sürdürülebilir YZ uygulamalarına doğru umut verici bir geçişi temsil etmektedir. Kaynak tüketimini azaltarak ve potansiyel olarak daha küçük, daha odaklanmış veri kümelerinin kullanımı yoluyla önyargıyı en aza indirerek SLM'ler, YZ erişiminin demokratikleştirilmesinde ve iklim dostu girişimlerin desteklenmesinde çok önemli bir rol oynamaya adaydır. Yazılım tanımlı depolama gibi teknolojilerin entegrasyonu, güç kullanımını önemli ölçüde azaltabilen ölçeklenebilir ve uyarlanabilir çözümler sunarak YZ altyapısının verimliliğini daha da artırır ve SLM'leri ve ilgili yenilikleri YZ geliştiriminin geleceğinde önemli araçlar haline getirir.

Sorumlu ve sürdürülebilir YZ tasarım standartlarının teşvik edilmesi, kullanım ömrü sonu etkilerinin dikkate alınması ve gereksiz veri toplanmasından kaçınılması açısından önemlidir. YZ teknolojilerinin sorumlu bir şekilde geliştirilmesini ve kullanılmasını sağlamak için, hükümetler ve düzenleyici kurumlar açık standartlar ve düzenlemeler oluşturmalıdır. İşletmeler, akademi ve politika yapıcılar arasındaki işbirliği de sürdürülebilir YZ uygulamalarını teşvik etmek için gereklidir.

Birbiriyle yarışan kalkınma öncelikleri, yapay zeka uygulamasının diğer kritik kalkınma hedeflerinden uzaklaşmamasını sağlamak için dikkatli planlama ve sürdürülebilir uygulamalar gerektirmektedir. Veri merkezlerine güç sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesi, sera gazı emisyonları üzerindeki bazı olumsuz etkileri azaltabilir. Örneğin, veri merkezlerine güç sağlamak için güneş veya rüzgar enerjisi kullanılabilir ve böylece fosil yakıtlara olan bağımlılık azaltılabilir. Ayrıca, sıvı soğutma veya serbest hava soğutması gibi daha az su gerektiren gelişmiş soğutma teknolojilerinin kullanılması, yerel su kaynakları üzerindeki baskının hafifletilmesine yardımcı olabilir.

Politika yapıcılar ve geliştiriciler, yapay zekanın faydalarını yerel kaynakları koruma ve sürdürme ihtiyacı ile dengeleyen çerçeveler oluşturmak için birlikte çalışmalıdır. Bu, veri merkezleri için enerji verimliliği ve su kullanımına ilişkin katı düzenlemelerin uygulanmasının yanı sıra yeşil teknolojilerin benimsenmesinin teşvik edilmesini de içerir. Paydaşları YZ teknolojilerinin sürdürülebilir dağıtımı konusunda eğiten kapasite geliştirme girişimleri de bu hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynayabilir.

Yapay zeka, iklim eyleminde önemli ilerlemeler sağlama potansiyeline sahip olsa da, gelişmekte olan ülkelerde konuşlandırılması, enerji ve su kaynakları sorunlarını daha da kötüleştirmekten kaçınmak için dikkatlice yönetilmelidir. **LDC'ler ve SIDS'ler de dahil olmak üzere birçok gelişmekte olan ülkede, genellikle altyapı kısıtlamaları ve yüksek işletme maliyetleri nedeniyle veri merkezlerinin büyümesi sınırlı kalmaktadır. Sonuç olarak, yapay zeka ile ilgili veri işlemenin önemli bir kısmı, elektrik tüketimi ve su kullanımının önemli bir endişe kaynağı olduğu daha gelişmiş bölgelerdeki veri merkezlerine yaptırılmaktadır. Bununla birlikte, dijital altyapıyı genişletmeye yönelik küresel çabalarla birlikte, bu bölgelerdeki enerji ve su kaynaklarını daha da zorlayabilecek yerel veri merkezlerinin kurulmasına yönelik ilgi artmaktadır.**

Bu gelişmekte olan ülkelerdeki yapay zeka ile ilgili elektrik ve su talebinin ölçeği, iklim değişikliği ve kaynak kıtlığına karşı kırılganlıkları göz önüne alındığında giderek daha önemli hale gelmektedir. **Enerji erişiminin zaten sınırlı olduğu EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde, büyük ölçekli veri merkezlerinin devreye girmesi potansiyel olarak kaynakları kritik sektörlerden uzaklaştırabilir ve böylece kalkınma hedeflerini tehlikeye atabilir. Ayrıca, yetersiz düzenleyici çerçeveler ve sürdürülebilir enerji çözümlerinin eksikliği, artan sera gazı emisyonları ve su stresi risklerini daha da kötüleştirmektedir.**

Sürdürülebilir uygulamalar, işbirliğine dayalı planlama ve proaktif düzenlemeler yoluyla, temel kalkınma hedeflerinden ödün vermeden iklim eylemi için YZ'nin gücünden yararlanmak mümkündür. **Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan verimli, yerleştirilmiş veri merkezlerine duyulan ihtiyaç, YZ'nin dağıtımının hem ulusal hem de küresel iklim hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamak için daha acil hale gelmektedir.** Bu zorlukları sorumlu bir şekilde ele alarak, YZ, kaynaklarla ilgili sorunları daha da kötüleştirmeden iklim stratejilerine entegre edilebilir ve sürdürülebilir bir geleceğin önünü açabilir.

2.2. Veri Güvenliği

Veri güvenliği, hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde iklim eylemi için yapay zeka kullanılırken en önemli endişe kaynağıdır. Büyük veri kümelerinin toplanması ve analizi, özellikle hassas bilgilerin yeterince korunmaması durumunda önemli gizlilik riskleri oluşturabilir. Kişisel veriler yetkisiz erişime maruz kalabilir ve bu da potansiyel kötüye kullanım veya istismara yol açabilir. Örneğin, iklim modellemesi için toplanan arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalar hakkındaki bilgiler ticari kazanç için üçüncü taraflarca kötüye kullanılabilir veya hassas topluluk verileri siber tehditlere maruz kalabilir.

YZ sistemleri bilgisayar korsanlarının saldırılarına karşı savunmasızdır ve bu da önemli siber güvenlik risklerine yol açmaktadır. Örneğin, YZ sistemleri genellikle çeşitli kaynaklardan büyük miktarda veri alır ve bu da onları kötü amaçlı verilerin YZ sisteminin davranışını öngörülemez şekillerde değiştirebileceği veri zehirlenmesi saldırılarına karşı hassas hale getirir. Ayrıca, verilerin YZ sistemleri tarafından depolanması ve işlenmesi, hassas bilgileri hem kurum ve kuruluşların içinde hem de dışında yetkisiz taraflara ifşa edebilir. YZ sistemleri tarafından üretilen ve aynı zamanda veri olan çıktılar da bu siber güvenlik risklerine eşit derecede tabidir. Bu geniş maruziyet, YZ sistemlerini ve işledikleri verileri potansiyel siber tehditlerden korumak için sağlam güvenlik önlemlerine duyulan ihtiyacın altını çizmektedir.

Gelişmekte olan birçok ülkede sağlam veri koruma çerçevelerinin bulunmaması bu riskleri daha da artırarak potansiyel olarak verilerin kötüye kullanılmasına ve kamu güveninin erozyona uğramasına yol açmaktadır. Veri korumaya yönelik yasal ve düzenleyici yapıların zayıf olduğu veya hiç bulunmadığı ülkelerde, veri ihlalleri ve yetkisiz veri paylaşımı riski artmaktadır. Bu durum, toplulukları veri toplama girişimlerine katılmaktan caydırabilir ve yapay zeka odaklı iklim eylemi için mevcut verilerin kalitesini ve kapsamlılığını azaltabilir.

ML modelleri açısından, Paracha ve diğerleri (2024), Rosenberg ve diğerleri (2021) ve Goldblum ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmalar, ML'deki güvenlik ve gizlilik zorluklarını toplu olarak ele almakta, çeşitli tehditleri ve bunlara karşılık gelen savunma mekanizmalarını vurgulamaktadır. Paracha ve diğerleri (2024), makine öğrenimi güvenliği ve gizliliğine özgü tehditlere ve karşı önlemlere odaklanmıştır. ML modellerini ve verilerini korumak için çeşitli saldırı vektörlerini ve sağlam savunmaların gerekliliğini vurgulamaktadırlar. Rosenberg ve diğerleri (2021), siber güvenlik alanındaki düşmanca makine öğrenimi saldırılarına odaklanmıştır. Farklı saldırı türlerini kategorize etmekte ve bu tehditleri azaltmak için çeşitli savunma stratejilerini incelemekte ve düşmanca taktiklerin gelişen doğasını vurgulamaktadırlar. Goldblum ve diğerleri (2022), özellikle veri zehirlenmesi ve arka kapı saldırıları ile ilgili olarak veri kümesi güvenliğini incelemektedir. Ele geçirilmiş veri kümelerinin makine öğrenimi model bütünlüğü üzerindeki etkilerini tartışmakta ve bu tür kötü niyetli faaliyetleri tespit etmek ve bunlara karşı savunmak için stratejiler önermektedirler. Bu çalışmalar birlikte, genel sistem esnekliğini artırmak için hem model hem de veri güvenlik açıklarını ele alarak makine öğreniminde kapsamlı güvenlik önlemlerine duyulan kritik ihtiyacı vurgulamaktadır. Kuantum bilişim, makine öğrenimi modellerini geliştirmeyi ve işlem hızını artırmayı vaat etse de, bilgisayar korsanlığı girişimlerinin hızını da artıracaktır (Denning 2019).

Güvenlik sorunlarının ele alınması, gizliliği koruyan kapsamlı veri güvenliği politikalarının ve uygulamalarının geliştirilmesini gerektirir. Hükümetler ve kuruluşlar sıkı veri koruma yasaları uygulamalıdır,

Veri işleme için net yönergeler oluşturmak ve uygulama mekanizmalarının mevcut olduğundan emin olmak. Aslında, çevresel sürdürülebilirlik için yapay zeka uygulamaları, tipik olarak daha geniş veri yönetişimi endişeleri altında yer alan bu zorlukları yeterince ele almamıştır.

YZ teknolojisinin çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği de dahil olmak üzere çeşitli alanlara giderek daha fazla entegre olmasıyla birlikte, YZ sistemlerinin ve işledikleri hassas bilgilerin güvenliğini korumak kritik önem kazanmaktadır. Çevresel sürdürülebilirliği ele almayı amaçlayan YZ uygulamaları, özellikle iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu gibi kritik alanlara uygulandıklarında, artan siber güvenlik riskleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik için YZ tekniklerinin kullanılması, çeşitli sahiplerden, kaynaklardan, formatlardan, yapılardan ve platformlardan gelen çeşitli veri kümelerinin entegrasyonunu gerektirir. Bu süreç, yüksek siber güvenlik ve veri yönetimi risklerini beraberinde getirmekte ve veri standartları ile entegrasyon protokollerini etkin bir şekilde kullanma becerisi gerektirmektedir.

YZ güvenlik yönetimi, YZ sistemlerini ve işledikleri verileri yetkisiz erişimden, ihlallerden ve kötü niyetli faaliyetlerden korumak için tasarlanmış önlemlerin ve uygulamaların benimsenmesini içerir. Bu, tehdit tanımlama (Kumar ve Kumar 2023), erişim kontrolü (Song 2020) ve güvenlik bilinci ve eğitiminin (Solomon, 2022) yanı sıra ortaya çıkan tehditlere uyum sağlamak için güvenlik protokollerinin sürekli izlenmesi ve güncellenmesini içerir. Siber güvenlik, bilgisayarlar, sunucular, ağlar ve ilgili veriler dahil olmak üzere dijital sistemlerin kötü niyetli saldırılardan korunmasını içerir. İnternete bağlı bilgi ve iletişim sistemlerini kötü niyetli saldırılardan ve tehditlerden korur (Li ve Liu 2021).

Kapsamlı tehdit tanımlama yöntemlerinin dahil edilmesi, YZ sistemlerinin bütünlüğünü korumak için kritik olan veri ihlalleri, yetkisiz erişim, düşman saldırıları ve içeriden gelen tehditler gibi potansiyel risklerin tespit edilmesine yardımcı olabilir (Rosenberg et al. 2021; Goldblum et al. 2022). Ayrıca, sağlam erişim kontrol mekanizmalarının uygulanması, yalnızca yetkili kişilerin YZ sistemleri ve verileriyle etkileşime girebilmesini sağlayarak güvenliğini daha da artırır. Bunu başarmak için, sürekli güvenlik farkındalığı ve eğitim programları, paydaşları güvenlik tehditlerini tanıma ve azaltma bilgisi ile donatmak için hayati önem taşımaktadır. Kuruluşlar, bu güvenlik önlemlerini entegre ederek, çeşitli tehditlere dayanabilecek ve YZ teknolojilerinin etik kullanımını sağlayabilecek esnek bir YZ altyapısı oluşturabilirler. YZ'nin kötü niyetli kullanımından kaynaklanan potansiyel zararların yönetilmesi ve azaltılması, YZ teknolojilerinin geliştirilmesi ve konuşlandırılmasında hayati bir konudur.

Yapay zeka ve makine öğrenimi, bireyler, kuruluşlar ve kurumlar için güvenlik riski ortamını dönüştürüyor. Yapay zekanın siber güvenlik üzerindeki etkisi çift yönlüdür ve hem olumsuz hem de olumlu yönler sunar. Olumlu tarafta, makine öğrenimi algoritmalarını kullanan yapay zeka odaklı otomasyon, saldırganların sistemler üzerinde geleneksel saldırı yöntemlerini kullanmasını başarıyla engellemiştir. Bu, siber güvenlik önlemlerinin verimliliğini ve etkinliğini büyük ölçüde artırmış ve ortaya çıkan tehditlere gerçek zamanlı yanıtlar verilmesine olanak sağlamıştır. Siber güvenliğin makine öğrenimi ile entegre edilmesi iki ana hususu kapsamaktadır: makine öğreniminin uygulandığı ortamların siber güvenliğinin sağlanması ve siber güvenlik önlemlerini geliştirmek için makine öğreniminden yararlanılması (Wazid ve ark. 2022). Bu entegrasyon, makine öğrenimi modelleri için daha fazla güvenlik sağlamak, siber güvenlik yöntemlerinin performansını artırmak ve minimum insan müdahalesi ile sıfır gün saldırılarının etkili bir şekilde tespit edilmesini sağlamak gibi birçok fayda sunmaktadır. Ansari (2022), makine öğrenimi algoritmalarının güvenlik sağlama konusunda insanlardan daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Jada ve Mayayise (2024), yapay zekanın tüm yaşam döngüsü boyunca siber güvenliği etkileyebileceğini ve otomasyon, tehdit istihbaratı ve gelişmiş siber savunma gibi avantajlar sağlayabileceğini, ancak düşmanca saldırılar ve verimsizliğe neden olabilecek yüksek kaliteli veri gerekliliği gibi zorlukları da beraberinde getirebileceğini ortaya koymuştur. Liu ve Zhang (2023), bilgisayar ağı güvenlik tespiti için DL teknolojisinin kullanılmasının güvenlik performansını artırdığını bulmuştur. Bu yaklaşım yüksek güvenlik performansı, yüksek tespit oranı ve düşük yanlış alarm oranı ile karakterize edilir. Bu

ağ güvenlik açıklarının zamanında izlenmesini sağlar ve bilgisayar ağındaki güvenlik saldırılarını etkili bir şekilde tespit eder. Ayrıca, yapay zeka güvenlik uygulamaları, güvenlik açıklarını, yetkisiz erişimi ve kötü niyetli faaliyetleri hızlı bir şekilde tespit etmek ve azaltmak için gelişmiş makine öğrenimi tekniklerini ve metodolojilerini kullanır. Bu sistemler ağ modellerini izleyebilir, kullanıcı davranışını değerlendirebilir ve güvenlik ihlallerine işaret edebilecek anormallikleri belirleyebilir (Habbal vd. 2024; Gopalan vd. 2020). Tüm bu bulgular, yapay zekanın siber güvenlik ortamı üzerindeki olumlu etkisini doğrulamakta, verimliliği, etkinliği ve esnekliği artırmaktadır.

Bununla birlikte, YZ teknolojisinin kullanımı büyük miktarda veri gerektirmekte ve bu da veri korumasını en önemli koruma kaygısı haline getirmektedir. YZ sistemleri tarafından işlenen verilerin büyük hacmi, saldırı yüzeyini artırarak onları siber suçlular için cazip hedefler haline getirmektedir. Yapay Zeka Güven, Risk ve Güvenlik Yönetimi (AI TRiSM) bağlamında, veri güvenliği özel bir öneme sahiptir. YZ sistemlerine artan güven, risk, güven ve güvenlikle ilgili ortaya çıkan endişeleri de beraberinde getirmektedir. YZ TRiSM çerçevesi, YZ sistemlerinin güvenilirliğini ve güvenliğini sağlamak için umut verici bir çözümdür ve yeniliği teşvik etmede, güven oluşturmada ve farklı YZ uygulamalarında değer yaratmada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Habbal ve ark. 2024). Siber saldırılardan kaynaklanan zararları önlemek veya azaltmak için çeşitli yöntemler önerilmiştir; bunlardan bazıları operasyonel, diğerleri ise araştırma aşamasındadır. Li ve Liu (2021), siber saldırı türlerini, güvenlik çerçevelerini ve siber güvenlik yöntemlerinin evriminin yanı sıra bu alanda ortaya çıkan eğilimleri ve son gelişmeleri detaylandırarak siber güvenlikteki standart ilerlemeleri kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Özellikle, gelişmiş yapay zeka güvenlik uygulamaları, kuruluşların TRiSM çerçevesinden yararlanarak yetkisiz erişimi önleyen güvenlik protokolleri ve önlemleri oluşturmaya olanak tanıyor. Makine öğrenimi modellerinin düşmanca saldırılara karşı sağlamlığını ve esnekliğini sağlamak, yapay zeka sistemlerinin bütünlüğünü ve güvenilirliğini korumak için çok önemlidir.

YZ teknolojisinin hızlı ilerlemesi, genellikle mevcut düzenleyici çerçeveleri geride bırakmakta ve YZ sistemlerinin etik ve yasal standartlara ve yönergelere uymasını sağlamak için esnek ve uyarlanabilir politikalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır (Di Vaio 2020). Sağlam veri yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesi, veri güvenliğinin ve dolayısıyla veri gizliliğinin korunmasını ve YZ sistemlerinin sorumlu bir şekilde kullanılmasını sağlar. Ayrıca, eğitim programları ve eğitim girişimleri yoluyla YZ sistemlerinin yöneticileri, geliştiricileri ve kullanıcıları arasında güvenlik bilincini teşvik etmek de aynı derecede önemlidir. Bu, güvenlik bilincine sahip bir kültürün geliştirilmesine ve potansiyel risklerin en aza indirilmesine yardımcı olur. En son güvenlik uygulamaları hakkında düzenli eğitim ve güncellemeler, tüm paydaşları bilgilendirmek ve potansiyel tehditlere karşı hazırlıklı tutmak için hayati önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, yapay zeka ve makine öğrenimi siber güvenlik yeteneklerini önemli ölçüde geliştirirken, yeni zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bu zorlukların ele alınması, sağlam veri koruması, uyarlanabilir düzenleyici çerçeveler ve güvenlik bilincine sahip bir kültürü teşvik etmek için sürekli eğitim ve öğretimi içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirmektedir. Politika yapımcılar, endüstri liderleri ve araştırmacılar arasındaki işbirliği, gelişen yapay zeka güvenlik risklerini ele alan etkili stratejiler geliştirmenin ve uygulamanın anahtarıdır.

Son araştırmalardan elde edilen bulgular ve içgörüler, iklim eyleminde YZ güvenliğine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Siber saldırıların ve güvenlik yöntemlerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması, iklim eylemi girişimlerinde yer alan büyük miktarda veriyi ve YZ sistemlerini korumak için kullanılabilir. YZ teknolojileri, siber güvenlik zorluklarını ele alarak ve sağlam güvenlik çerçeveleri uygulayarak çevresel değişiklikleri izlemek, iklim modellerini tahmin etmek ve sürdürülebilir çözümler geliştirmek için güvenli bir şekilde kullanılabilir. Gelecekteki araştırma çabaları, iklim eyleminin benzersiz ihtiyaçlarına göre uyarlanmış özel YZ güvenlik protokolleri geliştirmeye odaklanabilir ve YZ teknolojilerinin küresel çevresel sürdürülebilirlik çabalarına etkili ve güvenli bir şekilde katkıda bulunmasını sağlayabilir.

2.3. Dijital Uçurum ve İklim Eylemi için Yapay Zekaya Eşit Erişim

BIT'in ortaya çıkışından bu yana, dijital uçurum, farklı kullanıcı grupları veya nüfuslar arasında dijital kaynaklara ve teknolojilere erişim ve kullanımdaki önemli eşitsizlikleri vurgulamıştır. Başlangıçta bilgisayar ve internet erişimi ve kullanımı etrafında şekillenen bu uçurum, teknolojik gelişmelerle birlikte evrim geçirmiştir. Çeşitli politika çerçevelerinde kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve ele alınmıştır, ancak özellikle yapay zeka çağına geçerken zorluklar oluşturmaya devam etmektedir. YZ'nin ortaya çıkışı, genellikle daha gelişmiş bölgelerde ve daha ayrıcalıklı gruplar arasında yoğunlaşan hesaplama kaynakları, bağlama özgü YZ eğitim ve test verileri, önceden eğitilmiş modellere erişim, uzmanlık bilgisi ve gelişmiş altyapıya olan yüksek talep nedeniyle bu eşitsizlikleri daha da kötüleştirmektedir. Bu bağlamda altyapı, YZ teknolojilerini etkin bir şekilde dağıtmak ve desteklemek için gereken temel sistemleri ve hizmetleri içermektedir. Bu, büyük veri kümelerini işlemek ve karmaşık YZ modellerini çalıştırmak için gereken veri merkezleri, ağ bağlantısı ve bulut bilişim kaynakları gibi fiziksel donanımı içerir. Ayrıca, YZ geliştirme platformları, veritabanları ve API'ler gibi yazılım altyapısının yanı sıra teknik destek ve bakım ekipleri gibi YZ operasyonlarını destekleyen organizasyonel yapıları da kapsar. Esasen, YZ geliştirme ve dağıtımını kolaylaştırmak için gerekli tüm bileşenleri içerir ve bu sistemlerin verimli ve etkili bir şekilde çalışabilmesini sağlar.

Teknolojik bir alan olarak makine öğrenmesinin hakim ekonomik manzarası, çeşitli sektörlerde karmaşık zorluklar ve sonuçlar ortaya çıkaran doğal bir tekele doğru bir eğilim olduğunu göstermektedir. Araştırmalar, YZ pazarındaki bu yoğunlaşmanın daha geniş boyutları nasıl etkilediğini ele almış, küresel dijital eşitlik ve yerel çözüm üretimi bağlamında YZ geliştirme ve dağıtım stratejilerinin eleştirel bir şekilde yeniden değerlendirilmesi ihtiyacını vurgulamıştır. Literatüre göre, makine öğrenimi doğal bir tekelin özelliklerini sergilemektedir (Narechania 2021). Bu pazar yoğunlaşması, inovasyon ve kalitenin azalması, önyargı ve yanlış bilgilendirme potansiyeli, tek hata noktalarından kaynaklanan güvenlik riskleri ve demokratik gözetim ve dijital egemenlik eksikliği gibi çok sayıda ekonomik, sosyal ve politik soruna yol açmaktadır. Dahası, piyasa yoğunlaşması ve YZ (araştırma) ekosisteminin mevcut yapısı, kamu yararını dikkate almadan ve toplumun refahını en üst düzeye çıkarmadan pazarlanabilir ve karlı YZ sistemlerinin geliştirilmesini teşvik eden bir YZ monokültürünü yönlendirmektedir (Ahmed ve ark. 2023). Bu, özellikle küresel çoğunluk ülkelerindeki son kilometre hizmetleri gibi piyasa boşluklarının ve piyasa başarısızlıklarının hüküm sürdüğü alanlarla ilgilidir. YZ ve iklim değişikliği için politika oluşturma, eğitim ve öğretim programlarının temel bir özelliği olarak hükümetler, şu anda dünya çapında milyarlarca kişiyi internet erişiminden yoksun bırakan (Sandaw ve ark. 2023) küresel dijital uçurumu ve mevcut veri yoksulluğu ve bilgi işlem uçurumu nedeniyle anlamlı yerleştirilmiş çözümler geliştirme fırsatı olmayan yetenekli profesyonelleri ele almaya öncelik vermelidir (Besiroglu ve ark. 2024).

Dijital uçurum, iklim eylemi için YZ teknolojilerine eşit erişim konusunda önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, özellikle de iklim değişikliğinden zaten orantısız bir şekilde etkilenen EAGÜ'ler, YZ odaklı çözümlerden tam olarak yararlanmak veya çözümlerini yerel bağlamlar için geliştirmek için gerekli altyapı, kaynak ve uzmanlıktan genellikle yoksundur. Bu durum, mevcut eşitsizlikleri daha da kötüleştirmekte ve bu ülkelerde iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik küresel çabaları engellemektedir. İklim eylemi için YZ'nin uygulanması, büyük veri kümelerine ve önceden eğitilmiş modellere, önemli hesaplama gücüne, bulut altyapısına ve sofistike modeller geliştirmek ve sürdürmek için uzmanlığa erişim gerektirir. Bu eşitsizlikler ele alınmadan, yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin faydaları birçok savunmasız nüfus için ulaşılamaz olmaya devam edecek, dijital uçurumu daha da güçlendirecek ve küresel iklim girişimlerinin etkinliğini sınırlandıracaktır. Açık YZ eğitimi ve test verileri ve açık kaynaklı modeller gibi YZ teknolojilerine ve kaynaklarına eşit erişimin artırılması, çevresel eylemlerde sürdürülebilir ve kapsayıcı sonuçların teşvik edilmesi için çok önemlidir. Bu yaklaşım, iklim eylemi için YZ odaklı çözümlerin yaygın olarak erişilebilir olmasını sağlayarak sürdürülebilir kalkınmaya yönelik çeşitli küresel çabaları desteklemektedir.

Veri kıtlığının, özellikle SIDS ve LDC'lerde YZ güdümlü iklim değişikliği girişimlerinin etkinliğini büyük ölçüde etkilediğini belirtmek özellikle önemlidir. Bu bölgeler genellikle dijital uçurumu şiddetlendiren ve iklim eylemi için gelişmiş YZ çözümlerini uygulama yeteneklerini etkileyen benzersiz zorluklarla karşı karşıyadır. İklim eylemindeki veri kıtlığı, mevcut literatürde yeterince araştırılmamış bir konu olan YZ kaynaklarına eşit olmayan erişimin daha geniş bir sorununu yansıtmaktadır (Walsh ve ark. 2020). Bu eşitsizlik, veri toplama altyapısının ve yüksek kaliteli verilerin mevcudiyetinin genellikle yetersiz veya seyrek olduğu SIDS ve LDC'lerdeki dijital uçurumu derinleştirmektedir. Örneğin, yerel iklim tahminleri ve hava durumu tahminleri gibi gelişmekte olan ülkelerdeki tarımsal uygulamaları geliştirebilecek önemli dijital veriler genellikle yetersizdir (Balogun ve ark. 2020). Bu koşullar, yerel iklim zorlukları için özel olarak tasarlanmış yapay zeka çözümlerinin geliştirilmesini engellemektedir. Bu boşluğun giderilmesi, veri toplama altyapılarının iyileştirilmesini ve açık veri girişimlerinin savunulmasının yanı sıra YZ teknolojilerine ve iklim verilerine eşit erişim sağlamak için uluslararası işbirliklerinin teşvik edilmesini içermektedir. Bu yaklaşım, hassas bölgelerde iklim direncini artıran etkili YZ çözümleri geliştirmek için gereklidir.

SIDS ve LDC'ler genellikle büyük ölçekli veri toplama için gerekli sağlam altyapıdan yoksundur. Buna daha az sayıda meteoroloji istasyonu, gelişmiş uydu görüntülerine sınırlı erişim ve YZ modellerini eğitmek için gereken kapsamlı çevresel verileri toplamanın anahtarı olan seyrek sensör ağları dahildir. SIDS ve LDC'lerde mevcut olan veriler genellikle daha düşük kalitede veya çözünürlüktedir, bu da doğru tahminler ve analizler için yüksek kaliteli girdilere dayanan YZ sistemlerinin performansını engelleyebilir. Ayrıca, yüksek maliyetler veya lisans kısıtlamaları nedeniyle küresel veri setlerine erişim kısıtlı olabilir, bu da yerel araştırmacıların ve politika yapıcılarının YZ'den etkili bir şekilde yararlanma becerilerini daha da sınırlandırır. Veri açısından zengin ortamlarda geliştirilen YZ modelleri, verilerin az olduğu veya yerel koşulları temsil etmediği ortamlara uygulandığında iyi performans göstermeyebilir. Bu durum, yerel iklim zorlukları için etkisiz veya uygun olmayan YZ çözümlerine yol açabilir ve iklim etkilerine karşı mevcut kırılganlıkları yoğunlaştırabilir.

Veri kıtlığının üstesinden gelmek, özellikle SIDS ve LDC'lerde iklim eylemi için sağlam ve kapsayıcı yapay zeka sistemleri oluşturmak için stratejik yaklaşımlar gerektirir. Meteoroloji istasyonları ve IoT sensörleri gibi altyapı yatırımları yoluyla yerel veri toplama kapasitelerinin oluşturulması gibi girişimler çok önemlidir. Bu çabalar, veri yönetimi ve analizi konusunda yerel personele yönelik eğitim programları ile tamamlanmaktadır. Ayrıca, iklim verilerinin paylaşımını teşvik eden açık veri girişimleri, özellikle sınırlı kaynaklara sahip bölgelerde erişilebilirliği ve faydayı artırmaktadır. Sentetik veri üretimi de gerçek verilerin eksik olduğu durumlarda önemli bir rol oynayarak daha uyarlanabilir YZ modellerinin eğitilmesini sağlar. Ayrıca, yerel paydaşlardan ve uluslararası uzmanlardan gelen girdileri entegre eden işbirliğine dayalı YZ geliştirme, belirli bölgesel zorlukları ele alan ve iklim direncini etkili bir şekilde artıran özel çözümlerin oluşturulmasını sağlar.

"Küresel Güney'de İklim Verisi Uçurumunun Kapatılması" (Microsoft 2022) girişimi, temel iklim verilerine erişimin demokratikleştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Microsoft'un AI for Good Lab tarafından yönetilen ve Planet Labs PBC ve çeşitli Afrika kurumları gibi kuruluşlarla yapılan işbirlikleriyle desteklenen bu proje, Küresel Güney'deki karar vericileri temel araç ve bilgilerle donatmak üzere tasarlanmıştır. Bunu yaparken, dünyanın en savunmasız bölgelerinden bazılarında iklim direncini artırmayı ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Küresel Güney'de İklim Verisi Uçurumunun Kapatılması

Ülke:

LDC veya SIDS

Katılan Kuruluşlar: Microsoft AI for Good Lab, Planet Labs PBC, Afrika Kalkınma Bankası, Afrika Risk Kapasitesi, Afrika İklim Vakfı

Kısa Açıklama

İklim değişikliğinin en kötü etkilerinden kaçınmak için, Küresel Güney'deki hükümetlerin ve karar vericilerin güvenilir iklim verilerine erişime eşit derecede ihtiyacı vardır. Verilere erişimi demokratikleştirmeye yönelik bu çaba, Microsoft'un 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'nin bir parçası olarak 2015 yılında BM üye devletleri tarafından kabul edilen 17 SKH'ye yönelik ilerlemeyi hızlandırma ve destekleme yönündeki daha geniş kapsamlı çabasıyla uyumludur. Veriler, adaptasyon ve dayanıklılık projelerinin kilidini açma gücüne sahiptir, böylece mevcut kaynaklar iklimle ilgili felaketlerden önce ve hemen sonra en büyük etkiyi yaratabilecek yerlere yönlendirilir. Küresel Güney'de yalnızca güvenilir iklim verilerinin yetersizliğinin değil, aynı zamanda mevcut verilerle çalışacak veri bilimcilerinin de önemli ölçüde eksik olduğunun farkındayız. Araştırmamız, Küresel Güney'deki her bir veri bilimciye karşılık Küresel Kuzey'de yaklaşık beş veri bilimci olduğunu gösteriyor - yani Küresel Güney'in iklim verilerini karar alma ve eylem için içgörülere dönüştürme becerisinde önemli bir boşluk var. Afrika'da ise bu fark daha da büyüktür - Küresel Kuzey'de 14 veri bilimciye karşılık bir veri bilimci. Kısacası, bir iklim verisi uçurumuyla karşı karşıyayız - ve Microsoft olarak bu uçurumun kapanmasına yardımcı olmak için üzerimize düşeni yapmak istiyoruz.

Microsoft, eylemi hızlandırmak için AI for Good Lab ve Küresel Güney'de devam eden yeni ortaklıklar aracılığıyla bu iklim verisi uçurumunu kapatmaya yardımcı olmak için çalışıyor. AI for Good Lab, insanlığın en büyük zorluklarını çözmeye yardımcı olmak için portföyünün bir parçası olarak önde gelen kar amacı gütmeyen kuruluşlar, araştırma kurumları, STK'lar ve hükümetlerle ortaklaşa iklimle ilgili zorlukların üstesinden gelmek için yapay zeka, makine öğrenimi ve istatistiksel modelleme uyguluyor. Teknolojimizi ve uzmanlığımızı sunarak, ölçeklenebilir çözümlerin yerel olarak geliştirilmesine yardımcı oluyoruz. Lab, 2022 yılında, dünya standartlarında veri bilimcilerinden oluşan bir ekibin Afrika genelinde iklim direncini artırmak için çalıştığı Nairobi, Kenya'ya genişlediğini duyurdu.

İklim Değişikliği Azaltım ve/veya Uyum Etkileri ve Sonuçları

Gezeganimiz için zorlu bir dönemden geçiyoruz ve hiçbir ülke iklim değişikliğinin süregelen etkilerinden kaynaklanan risk ve tehlikelerden muaf değil. Gezeganimizin hayatta kalmasına yönelik bu varoluşsal tehdidin sonuçlarının dünya ülkeleri arasında eşit olmayan bir şekilde dağılması ve Küresel Güney'e daha büyük bir yük düşmesi ek bir karmaşıklık yaratmaktadır. Küresel Güney, iklim değişikliğinin gerçek nedenlerine Küresel Kuzey'den çok daha az katkıda bulunmuştur, ancak gıda güvensizliği gibi diğer sorunlara katkıda bulunan ve yoksulluk gibi mevcut zorlukları daha da kötüleştiren kuraklıklar, seller, fırtınalar ve sıcak hava dalgaları gibi aşırı iklim olaylarından orantısız bir şekilde etkilenmişlerdir. 2008-2018 yılları arasında Küresel Güney'de 2,2 milyar insan yüksek iklim riski altındaydı.

Eylül 2022'de Planet Labs PBC ve The Nature Conservancy ile yapay zeka ve uydu görüntülerini kullanarak Dünya'daki tüm şebeke ölçekli güneş ve rüzgar kurulumlarını haritalamak ve ölçmek için türünün ilk örneği bir canlı atlas olan Global Renewables Watch'u oluşturmak için bir işbirliği yaptığımızı duyurduk. Global Renewables Watch, hem araştırmacıların hem de politika yapımcıların mevcut yenilenebilir enerji kapasitelerini anlamalarına yardımcı olan ve yenilenebilir enerji gelişimi için etkili seçenekler arayan karar vericilere yardımcı olan veriler sağlar. Yüksek kaliteli verilere erişim, SKH'lerin ölçülmesi ve gerçekleştirilmesi için kritik öneme sahiptir.

Geliştirme ve Uygulamaya İlişkin Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

İklim değişikliğinin etkilerini ele almanın ve azaltmanın endüstri, hükümet, akademi ve sivil toplum genelinde kolektif bir çaba gerektirdiğini biliyoruz. Kenyalı paydaşlarla bu genişleme hakkında yaptığımız ilk görüşmelerde, ideal sonucumuzun Afrika'da Afrika'ya fayda sağlayan projeler üzerinde çalışan Afrikalı araştırmacılara sahip olmak olduğunu açıkça belirttik. Bu ilkeyi desteklemek ve çalışmalarımızı bilgilendirmeye yardımcı olmak için, veri ve yapay zeka ile iklim direncini artırma fırsatlarını belirlemek ve ek iklim verileri üretmenin ve sürekli araştırmayı yönlendirmenin yollarını kolaylaştırmak için Afrika Kalkınma Bankası, Afrika Risk Kapasitesi ve Afrika İklim Vakfı gibi önde gelen Afrika kuruluşlarıyla işbirliği yaptık. Bu kuruluşlara ek olarak, Kenya Kızıl Haç Derneği, PATH ile işbirliği içinde çalışmaktan memnuniyet duyuyoruz,

Sağlık Ölçütleri ve Değerlendirme Enstitüsü (IHME) ve Entegre Gıda Güvenliği Aşama Sınıflandırması (IPC) verileri iklim eylemine dönüştürmek için.

Dijital uçurum önemli bir sorun olmaya devam ederken, yapay zeka destekli verilerin, teknoloji ve veriler öncelikle gelişmiş ülkelerde bulunan büyük çok uluslu teknoloji firmaları tarafından geliştirilse bile, gelişmekte olan ülkelerdeki insanlara hala önemli faydalar sağlayabileceğini kabul etmek önemlidir. Bu ayrım mutlak değildir. Çok uluslu teknoloji şirketleri genellikle değerli yapay zeka araçlarını ve veri setlerini ücretsiz olarak kullanıma sunmakta veya yetersiz hizmet alan bölgelerde kalkınmayı teşvik etmek için yerel hükümetler ve işletmelerle ortaklık yapmaktadır. Örneğin, Google'ın yüksek irtifa balonları kullanarak uzak bölgelerde internet erişimi sağlayan Project Loon gibi girişimler, teknoloji devlerinin yetersiz hizmet alan nüfuslara erişimi nasıl genişlettiğini göstermektedir. Ayrıca, ortaklıklar ve sübvansiyonlar YZ teknolojilerinin maliyetini düşürmeye yardımcı olarak bu araçları düşük gelirli topluluklar için daha erişilebilir hale getirebilir. Microsoft'un İnsani Eylem için Yapay Zeka ve IBM'in Afrika Becerileri Girişimi gibi belirli programlar, teknoloji şirketlerinin yapay zekayı sosyal fayda için uygulamak üzere yerel paydaşlarla nasıl işbirliği yaptığını ve gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki uçurumu daha da daralttığını vurgulamaktadır. Bu bölüm, hem engelleri hem de bu ayrımların küresel ortaklıklar ve erişilebilir YZ çözümleri aracılığıyla ele alınma yollarını tanıyarak, teknoloji, eşitsizlik ve fırsat arasındaki karmaşık etkileşimi daha iyi vurgulayabilir.

Farklı bir bakış açısıyla EMPIRIC_AI projesi, Pasifik Ada Ülkelerindeki (PICs) sağlık altyapıları için siklon direncini artırmada yapay zekanın rolünü sergilemektedir (Climate Change AI 2023). Bu yenilikçi girişim, iklim kaynaklı felaketlerin hayati sağlık tesisleri üzerindeki etkilerini öngörmek ve azaltmak için sentetik siklon izlerinin toplu tahminlerini kullanmaktadır. Proje, binlerce sentetik veri noktası üretip analiz ederek daha etkili planlama ve müdahale stratejileri sağlayarak bölgedeki kritik veri kıtlığı sorununu ele alıyor. Bu yaklaşım, sağlık altyapısının dayanıklılığını artırmakta ve yapay zekanın veri boşluklarını kapatma ve hassas bölgelerdeki iklim adaptasyon çabalarını geliştirme potansiyelini örneklemektedir.

EMPIRIC_AI: Pasifik Ada Ülkeleri ve Bölgelerindeki Sağlık Altyapısı için Siklon Riskinin Yapay Zeka Destekli Topluluk Projeksiyonları

Ülke:

Fiji, Tonga, Vanuatu ve Solomon Adaları dahil Pasifik Ada Ülkeleri

Katılan Kuruluşlar: Dr. Michelle McCrystall, Dr. Chris Horvat, Dr. Liz McLeod, Dr. Berlin Kafoa, Dr. Craig McClain, Dr. Eileen Natuzzi, Dr. Subhashni Taylor, Dr. Callum Webster

Kısa Açıklama

Fiji, Tonga ve Solomon Adaları gibi Pasifik Ada Ülkeleri (PICs), yıkıcı tropikal siklonlara ve iklim değişikliğinin etkilerine en duyarlı ülkeler arasındadır, ancak yine de iklime özgü sağlam verilerden yoksundur. Bölge 10.000 ada ve mercan adasından oluşmaktadır, ancak bunların çoğu büyük ölçekli küresel iklim modellerinde doğru bir şekilde temsil edilemeyecek kadar küçüktür. Bu iklim modelleri IPCC iklim değerlendirme raporlarında gösterilen gelecekteki iklim değişikliğini öngörmek için kullanıldığından, bu adaların etkili bir şekilde temsil edilememesi, gelecekteki iklim değişikliği projeksiyonlarının bölge genelinde sınırlı olduğu anlamına gelmektedir.

Güney Pasifik'te her yıl yaklaşık 10 tropikal siklon oluşmaktadır. Sınırlı veri ve seyrek fırtınalar, PIC'lerde dirençli sağlık tesislerinin inşa edilmesini gerektirmektedir. EMPIRIC_AI (EMulation of Pacific Island Risk to Infrastructure from Climate) projesi, yeni istatistiksel modelleme ve yapay zeka tekniklerini kullanarak bu sorunları ele almaktadır. İstatistiksel bir model kullanarak gözlemsel olarak kısıtlanmış binlerce sentetik tropikal siklon izi oluşturuyoruz ve bu fırtınaların pan-Pasifik etkilerini modifiye edilmiş bir U-net kullanarak taklit ediyoruz. Bu ağ, gelecekteki olası durumların hızlı bir şekilde örneklenmesine ve PIC'lerdeki farklı hastane bölgelerinde tropikal siklonların potansiyel karaya çıkış sayısı, rüzgar ve su seviyesi gibi istatistiksel bir dizi etkisinin geliştirilmesine olanak tanır.

yağmur yağışı. Bu veriler sayesinde sağlık yönetim organları, sağlık altyapısına yönelik gelecek planlamaları hakkında bilinçli kararlar alabilirler.

İklim Değişikliği Azaltım ve Adaptasyon Etkileri

Bu projenin temel amacı, iklim değişikliğinin Pasifik Ada Ülkelerindeki farklı sağlık tesisleri üzerindeki sahaya özgü etkilerini ortaya koymaktır. Bu bilgi düzeyi, hangi hastane sahalarının gelecekteki tropikal siklonlar ve aşırı hava olaylarından en fazla risk altında olduğunu detaylandırarak ve her bölgenin sağlık kapasitesi üzerinde devam eden iklim değişikliği etkilerini sınırlamak için sel olaylarına hazırlık veya hastane sahalarının potansiyel yer değiştirmesi dahil olmak üzere, bu belirli sahalar için gerekli olabilecek azaltma veya uyum önlemleri hakkında bilgi verebilecektir.

Karşılaşılan Zorluklar ve Çıkarılan Dersler

EMPIRIC_AI projesindeki en önemli zorluklardan biri politika, sağlık, iklim bilimi ve veri biliminin kesişen alanlarında gezinmektir. Bu çok yönlü zorluk, her disiplinin farklı sorular ortaya koyması ve genellikle asimetrik bilgi tabanlarıyla çalışması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Özellikle, Pasifik hastanelerini tek tek etkileyen iklim ölçütleri benzersiz bir şekilde ayrıntılıdır ve sektörel, ulusal veya Pasifik çapında kapsamlı niteliksel verilere ulaşmak zordur. Bu sorunu ele almak, iklim verilerini bağlamsallaştırmak ve paydaşlar için yapay zeka araçlarını uyarlamak için nüanslı bir yaklaşım gerektirmektedir ve bu da derinlemesine nitel anket ve işbirliğine dayalı çabalarla ele alınmaktadır.

Bu stratejiler aracılığıyla veri kıtlığının ele alınması, dijital uçurumun kapatılmasına yardımcı olabilir ve SIDS ve LDC'lerin iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu için yapay zekadan daha etkili bir şekilde yararlanmasını sağlayabilir. Bu yaklaşım yerel kapasiteleri geliştirir ve iklim eylemi için yapay zekanın faydalarının daha adil bir şekilde dağıtılmasını sağlar.

Ayrıca, elektrik ve ICT altyapısına erişim genellikle sınırlıdır, bu da son kullanıcıların YZ çözümlerinden yararlanma yeteneğini kısıtlar ve yerel YZ ekosisteminin ilgili yerelleştirilmiş uygulamalar geliştirmesini engeller. Birçok kırsal ve uzak bölgede, güvenilir olmayan elektrik ve zayıf internet bağlantısı, YZ teknolojilerinin konuşlandırılmasını ve sürdürülmesini zorlaştırabilir. Örneğin, uzak bölgelerdeki çiftçiler, internet erişiminin olmaması nedeniyle YZ odaklı tarımsal tavsiyelere erişemeyebilir ve bu da gelişmiş tarım tekniklerinden yararlanma yeteneklerini sınırlandırabilir. Gelişmekte olan ülkelerde uydu internet, özellikle geleneksel geniş bant altyapısının eksik olduğu ya da hiç bulunmadığı kırsal ve uzak bölgelerde dijital uçurumun kapatılması için umut verici bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Dünya yörüngesindeki uydulardan yararlanan bu teknoloji, fiziksel kablolarla dayanmayan güvenilir bir kablosuz bağlantı sağlayarak en izole yerlerde bile erişilebilir hale geliyor. Uydu internetinin geleneksel fiber-optik ağlar tarafından dokunulmamış alanlara ulaşma kabiliyeti, onu dijital içermenin önemli bir sağlayıcısı olarak konumlandırmaktadır. Bu bağlantı, eğitim kaynaklarına ve ekonomik fırsatlara erişimi önemli ölçüde artırabilir. Ayrıca uydu internet, internet erişilebilirliğini artırarak gelişmekte olan ülkelerde yapay zeka teknolojilerinin yaygınlaştırılmasını kolaylaştırabilir ve bu bölgelerin yerel kalkınma ve inovasyon için yapay zekanın gücünden yararlanmasına olanak tanıyabilir. Daha fazla uydu fırlatıldıkça ve teknoloji ilerlemeye devam ettikçe, uydu internetinin küresel bağlantıyı ve ekonomik büyümeyi teşvik etme potansiyeli giderek daha ulaşılabilir hale gelmektedir.

Dahası, gelişmiş BİT'e sınırlı erişim, bireylerin sosyal robotlar ve sanal dijital asistanlar gibi YZ tabanlı teknolojilerle etkileşim kurma becerilerini etkileyerek dijital bir uçurumla sonuçlanabilir (Lutz 2019; van der Zeeuw ve ark. 2019). Bu uçurum, YZ'nin faydalarını kullanma ve anlama fırsatlarını kısıtlamaktadır. Ayrıca, dijital uçurum, YZ teknolojilerini kullanmak için gereken beceri ve uzmanlıktaki eşitsizlikleri de kapsamaktadır (van Dijk 2020). Bu nedenle, dijital uçurum, insanlar arasında YZ okuryazarlığını etkileyen önemli bir faktör olabilir. Ayrıca, coğrafi eşitsizlikler, teknolojik kaynakların eşitsiz dağılımını vurgulamaktadır; birçok kırsal ve az gelişmiş bölge, yapay zeka teknolojilerini desteklemek için gereken altyapıdan yoksundur. Algoritmik okuryazarlık ve dijital beceriler çok önemlidir

Bireylerin ve toplulukların YZ araçlarını etkin bir şekilde kullanmalarını ve sonuçlarını anlamalarını sağlamak. Lutz (2019), dijital teknolojilere erişimdeki eşitsizlikleri ele almış ve bu tartışmayı IoT ve yapay zeka destekli sistemler gibi gelişmekte olan teknolojilere kadar genişletmiştir. Yazar, dijital beceriler ve teknoloji kullanımındaki eşitsizlikleri vurgulamakta ve bunları gig ekonomisi ve paylaşım ekonomisi gibi yeni çalışma biçimleriyle ilişkilendirmektedir. Dijital eşitsizlikler araştırmalarının eleştirel algoritma çalışmaları ve verileştirme, dijital ayak izleri ve bilgi mahremiyetine ilişkin güncel tartışmalarla daha güçlü bir şekilde bütünleştirilmesini önermektedir.

Dijital bölünme meselesi, küresel çoğunluğa sahip ülkelerin dijital egemenliklerini arttırmak ve dış teknolojilere olan bağımlılıklarını azaltmak için kendi yapay zeka ekosistemlerini geliştirmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, daha az gelişmiş bölgelerdeki sömürüyü daha da kötüleştirebilecek küresel güç dengesizlikleri ve ekonomik eşitsizlikler göz önüne alındığında özellikle önemlidir. Nitekim Birhane (2020) ve Muldoon ve diğerleri (2023), Batılı teknoloji şirketlerinin Afrika kıtasına dijital altyapı ve yapay zeka uygulamaları sağlamadaki hakimiyetini eleştirel bir şekilde yansıtmakta ve mevcut eşitsizlikleri şiddetlendiren neo-sömürgeci veri çıkarma uygulamaları yoluyla tarihsel olarak ötekileştirilmiş, eşitlik arayan toplulukları sömürdüklerini belirtmektedir.

Yerel YZ gelişimini teşvik ederek, çoğunluk ülkeleri, daha gelişmiş ülkelere gelen herkese uyan tek boyutlu çözümlere güvenmek yerine, kendi özel sosyo-ekonomik bağamlarına ve zorluklarına daha uygun çözümler üretmeyi amaçlamaktadır. Yerli YZ yetenekleri geliştirmeye odaklanmak, yalnızca teknik becerileri geliştirmek veya teknolojiye erişimi artırmakla değil, aynı zamanda veriler ve YZ yönetişimi üzerinde kontrol sahibi olmakla da ilgilidir. Bu, bu ülkelere gelen verilerin, öncelikle başka yerlerdeki şirketlere ve ekonomilere fayda sağlayan algoritmaları beslemek için kullanıldığı senaryoların önlenmesine yardımcı olabilir. Dahası, yerel YZ çözümleri geliştirmek yerel ekonomileri canlandırabilir, inovasyonu teşvik edebilir ve yerel ihtiyaçları etkili bir şekilde ele alan daha uygun teknolojik çözümler sağlayabilir. Bu konudaki eleştirel bakış açıları, teknolojinin sadece ilerleme için bir araç değil, aynı zamanda mevcut küresel eşitsizlikleri güçlendirebilecek veya bunlara meydan okuyabilecek potansiyel bir güç aracı olduğunun karmaşık katmanlarının incelenmesini önermektedir. Bu nedenle dijital egemenlik ve yerel yapay zeka ekosisteminin geliştirilmesi konusundaki diyalog, küresel teknolojik ortamda ekonomik bağımsızlık, kültürel bütünlük ve eşitlikçi büyüme hakkındaki daha geniş tartışmalara derinden bağlıdır.

YZ uçurumunu kapatmak ve iklimle ilgili YZ çözümlerine yönelik kalkınma kapasitelerinin herkes tarafından erişilebilir olmasını sağlamak için, dijital kamu mallarının ve sosyo-teknik yaklaşımların desteklenmesi çok önemlidir. Bu yaklaşımlar, temel kalkınma kaynaklarına erişim, coğrafi eşitsizlikler, algoritmik okuryazarlık ve dijital beceriler gibi çeşitli faktörleri ele almalıdır. Çelik (2023) dijital uçurum, bilişsel özümseme ve hesaplamalı düşünme gibi faktörleri içeren bir model geliştirmiştir. Bulgular, hesaplamalı düşünmenin YZ okuryazarlığını önemli ölçüde etkilediğini ve YZ teknolojilerini kullanma, tanıma ve değerlendirme yeteneğini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, BİT'e daha iyi erişimi olan bireylerin YZ ile etkileşime girme olasılıklarının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma ayrıca, BİT kullanımındaki motivasyon ve becerilerin, bireylerin YZ sonuçlarını eleştirel bir şekilde değerlendirmelerini sağladığını vurgulamıştır. Uygun BİT erişimi, YZ ile daha derin bir katılımı teşvik etmekte ve daha yüksek motivasyon ve beceriler, YZ teknolojileri ile daha keyifli deneyimlere yol açmaktadır. Bununla birlikte, yerel YZ ekosistemlerini güçlendirmek ve yetenekli profesyonellerin yerelleştirilmiş YZ çözümleri geliştirmelerini sağlamak için, güvenilir altyapıya ek olarak açık YZ eğitim verilerine ve açık kaynaklı modellere erişim çok önemlidir (Gimpel 2024).

Son yıllarda YZ araştırmalarında kaydedilen ilerlemenin büyük bir kısmı açık kaynak ve açık bilim uygulamaları sayesinde gerçekleşmiştir. Özellikle açık kaynaklı yapay zeka, son teknoloji araçlara ve çerçevelere erişimin demokratikleştirilmesinde önemli bir rol oynamış, yapay zeka geliştirme ve inovasyona daha geniş katılım sağlamıştır. Bununla birlikte, açık kaynaklı yapay zekanın hızlı büyümesi, çok sayıda projenin yer aldığı karmaşık ve bazen kaotik bir manzaraya da yol açmıştır,

standartlar ve bağımsız olarak ortaya çıkan yaklaşımlar. Bu parçalanma, açık kaynaklı yapay zeka topluluğu içinde daha fazla koordinasyon ve standardizasyon ihtiyacının altını çizmektedir.

Buna karşılık, bu karmaşıklığa bir düzen getirmek için yeni açık kaynak standartları ve ittifaklar ortaya çıkıyor. Linux Foundation's LF AI & Data, Open Neural Network Exchange (ONNX) ve AI Open Network gibi kuruluşlar, birlikte çalışabilirliği, şeffaflığı ve işbirliğini teşvik eden ortak çerçeveler ve yönergeler oluşturmak için çalışmaktadır. Bu çabalar, açık kaynaklı yapay zekanın, özellikle tescilli çözümlerin ulaşamayabileceği veri fakiri bağlamlar için uyumlu ve erişilebilir bir kaynak olarak kalmasını sağlamak açısından çok önemlidir. Bu girişimler, daha yapılandırılmış ve birleşik bir açık kaynak ekosistemini teşvik ederek çeşitli uygulama ve ortamlarda yapay zekanın tüm potansiyelini ortaya çıkarmaya yardımcı olmaktadır.

Veri açısından fakir bağlamlar, özellikle YZ eğitimini daha verimli hale getirmeye yönelik yeni yaklaşımların geliştirilmesinden (Gunasekar ve ark. 2023) ve daha küçük, göreve özgü modellere odaklanan araştırmalardan (Varon ve ark. 2024) faydalanabilir. Bu gelişmeler genellikle, YZ araçlarına erişimin demokratikleştirilmesinde ve özellikle kaynakların kısıtlı olduğu ortamlarda yeniliğin sağlanmasında önemli bir rol oynayan açık kaynaklı YZ tarafından yönlendirilmektedir

İklim eylemi için YZ uygulamaları bağlamında, eğitim verilerindeki mekansal ve zamansal önyargıların algoritmik önyargı üzerindeki etkilerini kabul etmek önemlidir. Mekansal önyargılar, eğitim verilerinin coğrafi dağılımı eşit olmadığında ortaya çıkar ve potansiyel olarak belirli bölgelerde iyi performans gösteren ancak diğerlerinde kötü performans gösteren YZ modellerine yol açar. Zamansal önyargılar, eğitim verileri zaman içindeki değişkenliği yeterince yakalayamadığında ortaya çıkar ve bu da gelecekteki değişikliklere veya anormalliklere karşı daha az dayanıklı modellerle sonuçlanabilir. Bu önyargılar, YZ tahminlerinin ve müdahalelerinin güvenilirliğini ve adillliğini önemli ölçüde etkileyebilir ve model geliştirme ve eğitim aşamalarında dikkatli bir değerlendirme yapılmasını gerektirir. Örneğin, kentsel ısıyı tahmin etmek için bir YZ modelinin eğitilmesi, mekansal çözünürlüğün dikkatli bir şekilde seçilmesini gerektirir; çünkü düşük bir çözünürlük, daha küçük mahallelerdeki aşırı değerlerin ortalamasını alabilir ve kritik sıcak noktaları gözden kaçırabilirken, daha yüksek bir çözünürlük bu zirveleri ortaya çıkarabilir, ancak potansiyel olarak gürültüye neden olabilir (McGovern ve ark. 2022).

McGovern ve diğerleri (2022), etik ve sorumlu uygulama için kritik ihtiyacı vurgulamaktadır. Çevre bilimlerinin, ceza adaleti ve finans sistemlerinde görülenler gibi YZ'nin istenmeyen toplumsal etkilerine karşı bağışık olduğu yanlışını ortadan kaldırmaktadır. Çalışma, verilerin ve algoritmaların algılanan nesnellğine rağmen, YZ'nin çevresel bağlamlarda benzer önyargıları ve olumsuz sonuçları nasıl ortaya çıkarabileceğini gösteren örnekler sunmaktadır. Yazarlar, tartışmayı ve araştırmayı teşvik ederek, çevre bilimi topluluğunun diğer alanlarda yapılan hataları tekrarlamasını önlemeyi amaçlamaktadır. YZ'nin sorumlu bir şekilde kullanılmasını sağlamak için ihtiyati tedbirleri savunmakta, iklim ve çevre adaletsizliklerini ele alma potansiyelinden yararlanmaktadırlar. Hava durumu ve iklime odaklanmakla birlikte, çalışmanın sonuçları çevre biliminin tüm alanlarında genel olarak geçerlidir.

Ayrıca, YZ sistemleri uygun şekilde tasarlanmaz ve yönetilmezse, önyargı eşitsizlikleri daha da kötüleştirebilir ve ırksal önyargı da dahil olmak üzere marjinal grupları orantısız şekilde etkileyen adil olmayan sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, erişilebilir YZ teknolojilerinin sağlanması, kullanıcı dostu ve yaygın olarak kullanılabilen ve ideal olarak çeşitli topluluklarla birlikte yaratıcı bir şekilde geliştirilen araçlar ve sistemler oluşturmayı içerir (The Collective Intelligence Project 2024). **Dijital ve algoritmik okuryazarlığı teşvik etmek, kullanıcıları YZ ile eleştirel ve etkili bir şekilde etkileşime girme konusunda güçlendirmek için gereklidir. YZ uygulamalarında adalet ve eşitliği sağlamak için tarafsız YZ sonuçları gereklidir; bu da önyargıları tespit etmek ve azaltmak için titiz test ve doğrulama süreçleri gerektirir. Ayrıca, YZ sistem sağlayıcıları, insan haklarının korunmasını vurgulayarak, gelişimin insan hakları temelli bir yaklaşımla yürütülmesini sağlamalıdır.** Standartlar ve yönergeler oluşturmak için adil erişimi ve YZ teknolojilerini ve adresini pazarını teşvik eden etkili düzenlemelere ihtiyaç vardır.

konsantrasyon. **BM ve AB tarafından, YZ teknolojilerinin sorumlu ve etik bir şekilde kullanılmasını sağlayarak, YZ'nin gelişimini ve kullanımını insan hakları yaklaşımıyla düzenlemeyi amaçlayan önemli girişimler bulunmaktadır.** Bu faktörlerin ele alınması, YZ'nin dönüştürücü gücünün iklim eylemi de dahil olmak üzere tüm sektörlerde fayda sağladığı ve sürdürülebilir ve kapsayıcı kalkınmaya katkıda bulunduğu daha adil bir YZ ortamına doğru çalışmaya olanak tanır.

Buna ek olarak, veri toplama ve analizindeki veri boşlukları ve önyargılar, yapay zeka çözümlerinin etkinliğini zayıflatan çarpık sonuçlara yol açabilir. Eksik veya önyargılı veriler mevcut eşitsizlikleri devam ettirebilir/ettirecek ve yeterince temsil edilmeyen nüfusların ihtiyaçlarını ele almayan iklim politikalarıyla sonuçlanacaktır. Örneğin, veri toplama çabaları öncelikle kentsel alanlara odaklanırsa, kırsal topluluklar iklim eylem planlarında yeterince temsil edilmeyebilir ve bu da bu bölgeler için etkisiz ve hatta zararlı sonuçlara yol açabilir. Hükümetler ve kuruluşlar sıkı veri koruma yasaları uygulamalı, verilerin işlenmesine yönelik açık kılavuzlar oluşturmali ve yaptırım mekanizmalarının mevcut olduğundan emin olmalıdır. Ayrıca, veri toplama süreçlerinde şeffaflık ve yerel toplulukların bu süreçlere dahil edilmesi ve müştereklere dayalı veri yönetimi şemaları gibi adil veri paylaşımı uygulamaları, güven oluşturmaya yardımcı olabilir ve toplanan verilerin iklim eylemi için temsili ve yararlı olmasını ve yerel topluluklara fayda sağlamasını sağlayabilir.

Ayrıca, YZ teknolojilerinin satın alınabilirliği ve YZ çözümleri geliştirme ve sürdürme kapasitesi kritik zorluklardır. YZ donanımı, yazılımı, ilgili yüksek kaliteli verilere erişim ve kalifiye personel ile ilişkili yüksek maliyetler, bu teknolojileri birçok topluluk için erişilemez hale getirebilir. Örneğin, küçük ölçekli çiftçiler, mahsul yönetimi için YZ araçlarını benimsemeyi engelleyici derecede pahalı bulabilirken, yerel yönetimler YZ odaklı afet risk azaltma sistemlerine yatırım yapacak mali kaynaklardan yoksun olabilir.

Bu eşitsizlikleri ele almadan, yapay zeka odaklı iklim eyleminin sadece seçilmiş birkaç kişiye fayda sağlaması ve mevcut eşitsizlikleri daha da kötüleştirme riski vardır. YZ teknolojilerine ve bunları etkili bir şekilde kullanacak kaynaklara erişimi olanlar, iklim eylemi girişimlerinden daha fazla kazanırken, marjinalleşmiş topluluklar geride kalabilir. Bu durum, farklı sosyoekonomik gruplar ve bölgeler arasındaki uçurumu genişletebilir ve eşitlikçi iklim direncinin genel hedefini baltalayabilir.

Dijital uçurumu etkili bir şekilde ele almak için, altyapı inşa etmekten daha fazlasına odaklanmak çok önemlidir. Yerel inovasyonu teşvik etmek için kalkınma kaynakları dijital kamu malları olarak açık bir şekilde kullanıma sunulmalıdır. Bu, verilere ve açık kaynaklı yapay zeka modellerine açık erişim sağlamayı, yüksek kaliteli teknolojik çözümleri uygun fiyatlı veya ücretsiz hale getirmeyi ve böylece daha geniş bir küresel kitleye fayda sağlayan yapay zeka araştırmalarını desteklemeyi içerir. Dijital becerilerin geliştirilmesi ve bireylerin teknolojiyi etkin bir şekilde kullanma fırsatlarına sahip olmalarının sağlanması temel adımlardır.

Kapasite geliştirme programları, yerel nüfusun YZ çözümleri geliştirmek ve sürdürmek için gerekli bilgiye sahip olmasını sağlamanın anahtarıdır. Yerel mühendisler, veri bilimcileri ve politika yapımcılar için eğitim programları, gelişmekte olan ülkelerde YZ gelişimi için sürdürülebilir bir ekosistem oluşturulmasına yardımcı olabilir. Dijital uçurumun ele alınması, YZ odaklı iklim eyleminin kapsayıcı olmasını ve toplumun tüm kesimlerine fayda sağlamasını sağlayarak iklim değişikliğine karşı daha fazla dayanıklılık ve adaptasyonu teşvik edebilir.

Bu çabaların sadece altyapı kurmanın ötesine geçmesi önemlidir. Kapsamlı stratejiler, bireylerin YZ teknolojileriyle tam olarak etkileşime girmesine ve bunlardan yararlanmasına olanak tanıyacak yetkinliklerin geliştirilmesini de içermelidir. Elektrik ve internet erişimi gibi fiziksel altyapıya ek olarak, hükümetler ve uluslararası kuruluşlar, yetersiz hizmet alan bölgelerde veri merkezleri ve diğer temel YZ altyapısı oluşturmaya odaklanmalıdır. Bu çabalar, YZ'nin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için gerekli temel unsurların sağlam olmasını sağlar.

Ayrıca, kamu yararına yönelik projelere yönelik YZ altyapısına yapılan kamu yatırımları, düşük gelirli topluluklar için erişilebilirliği artırabilir. Sübvansiyonlar, kamu-özel ortaklıkları ve diğer finansal mekanizmalar, YZ teknolojilerinin maliyetini azaltarak onları daha erişilebilir hale getirebilir ve eşitlikçi teknolojik gelişmeleri teşvik edebilir. Bu çok yönlü yaklaşımlar, dijital uçurumun kapatılması ve dünya çapındaki toplulukların sürdürülebilir kalkınma için YZ'den yararlanma kapasitelerinin artırılması için hayati önem taşımaktadır.

2.4. Cinsiyet Önyargısı

YZ'deki toplumsal cinsiyet önyargısı, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için etkin kullanımı açısından önemli bir zorluk teşkil etmektedir. YZ sistemleri, dikkatli bir şekilde tasarlanıp uygulanmadığı takdirde mevcut toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini sürdürebilir ve hatta daha da kötüleştirebilir. Bu önyargı, YZ modellerini eğitmek için kullanılan verilerde kadınların yetersiz temsili veya YZ uygulamalarının cinsiyete duyarlı tasarımı gibi çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Toplumsal cinsiyet önyargısının ele alınması, YZ teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında farklı bakış açılarının dahil edilmesi için bilinçli ve kasıtlı bir çaba gerektirmektedir. İklim eylemi için YZ çözümlerinin toplumsal cinsiyete duyarlı olmasını sağlamak, daha kapsayıcı ve eşitlikçi sonuçların teşvik edilmesine yardımcı olabilir.

2.4.1. Yapay Zekada Cinsiyet Önyargısı

YZ'deki toplumsal cinsiyet önyargısı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi girişimlerinin etkinliğini ve eşitliğini etkileyebilir. YZ odaklı iklim değişikliği girişimlerine cinsiyete dayalı unsurların dahil edilmesi, EAGÜ'lere ve SIDS'lere önemli ölçüde fayda sağlayabilir. Şu anda Karayipler, dünya genelinde kadınların istihdama ve firma sahipliğine en yüksek katılım oranlarından birine sahiptir (Mohan vd. 2023). Örneğin, Saint Vincent ve Grenadinler'de firmaların %76'sı kadın mülkiyetine sahiptir ve bu oran dünyadaki en yüksek üçüncü orandır (Mohan vd. 2023). Paris Anlaşması ve UNFCCC, iklim politikalarının ve eylemlerinin şekillendirilmesinde kadınların katılımını zorunlu kılmakta ve toplumsal cinsiyet perspektifinin entegrasyonunu vurgulamaktadır. Gerçekten de, iklim fonlarında ve finansman mekanizmalarında toplumsal cinsiyet hususlarına giderek daha fazla öncelik verilmektedir (Schalatek 2022). İklim finansmanına ve kapasite geliştirmeye erişim sağlamanın yanı sıra, gelişmekte olan ülkeler - özellikle EAGÜ'ler ve SIDS - iklim değişikliğine uyum çabalarına yardımcı olmak ve toplumsal cinsiyet kapsayıcılığını sağlamak için gelişmiş teknoloji transferini savunmuşlardır. Küresel Çevre Fonu (GEF), uluslararası iklim finansmanından daha iyi yararlanmak ve toplumsal cinsiyet eşitliğini teşvik etmek için EAGÜ'lere ve SIDS'lere TNA'ları geliştirmelerinde yardımcı olmaktadır. YZ'de toplumsal cinsiyet önyargısının ele alınması, iklim eylemi için YZ teknolojilerinin kadınların değerli içgörü ve katkılarından yararlanarak daha kapsayıcı olmasını sağlayarak ilgili çabaları artırabilir.

UNFCCC'nin "Toplumsal Cinsiyete Duyarlı Uyum Eyleminin Önceliklendirilmesi ve Dahil Edilmesinde İlerleme, İyi Uygulamalar ve Çıkarılan Dersler" (2023) başlıklı raporu, toplumsal cinsiyete duyarlı stratejilerin dünya çapında iklim değişikliğine uyum çabalarına nasıl entegre edildiğine dair derinlemesine bir analiz sunmaktadır. Toplumsal cinsiyete özgü iklim etkilerinin ele alınması için bu stratejilerin oluşturulması ve yürütülmesine hem kadınların hem de erkeklerin dahil edilmesinin gerekliliğinin, yani karar alma süreçlerinde eşitlikçi toplumsal cinsiyet temsiliyetinin önemini altını çizmekte, çeşitli ülkelerden etkili uygulamaları ve dersleri ortaya koymaktadır. Cinsiyete göre ayrıştırılmış daha fazla veriye duyulan ihtiyaç ve cinsiyete duyarlı projeler için daha fazla finansman sağlanması gibi mevcut boşlukları ve zorlukları tanımlamakta ve uyum girişimlerinde dayanıklılığı artırmak ve cinsiyet eşitliğini teşvik etmek için öneriler sunmaktadır.

UNFCCC raporu (2023), EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin toplumsal cinsiyet konularını iklim uyum stratejilerine nasıl dahil ettiklerini gösteren çeşitli vaka çalışmaları içermektedir. Bu vaka çalışmaları, iklim eyleminde kadınların benzersiz kırgınlıklarını ve katkıları tanımanın önemini göstermekte ve toplumsal cinsiyete duyarlı uyum çabalarını sağlamak için alınan önlemleri detaylandırmaktadır. Tablo 9 aşağıdakileri özetlemektedir

BMİDÇS raporundan çeşitli EAGÜ'ler ve SIDS'lerden toplumsal cinsiyete duyarlı iklim uyum stratejilerinin yaklaşımları ve sonuçları.

Ülke	Toplumsal cinsiyete duyarlı eylemler	Ele alınan zorluklar	Sonuçlar/Faydalar
Burkina Faso	Kadınların hassasiyetleri ana hatlarıyla belirtilmiş, yağış hasadı teknikleri teşvik edilmiş ve su kıtlığı ele alınmıştır.	Kadınlar etkilenen kaynaklara daha fazla bağımlı, tarımsal girdilere ve araziye daha az erişimleri var, su için daha uzun mesafeler kat ediyorlar.	Kadın çiftçilerin dayanıklılığının artırılması, su yönetiminin iyileştirilmesi ve aşırı hava olaylarına karşı kırılganlığın azaltılması.
Fiji	Kadınların karar alma süreçlerine katılımını ve ekonomik kaynaklara ve finansal hizmetlere erişimini sağlamış, kadınların toplumsal rollerini tanımıştır.	Uyum faaliyetlerinde kadınların katkılarının sınırlı düzeyde tanınması.	Kadınların uyum faaliyetlerine katılımını artırmış, ekonomik fırsatlar yoluyla kadınları güçlendirmiş ve sürdürülebilir kaynak kullanımını teşvik etmiştir.
Saint Lucia	Toplumsal cinsiyet eşitliğini taahhüt etmiş, toplumsal cinsiyete göre ayrıştırılmış veriler toplamış, toplumsal cinsiyet değerlendirmeleri yapmış ve toplumsal cinsiyete duyarlı stratejiler geliştirmiştir.	Uyum ihtiyaçlarına ilişkin cinsiyete göre ayrıştırılmış veri eksikliği.	Cinsiyete göre farklılaşan etkilerin daha iyi anlaşılması, bilinçli karar verme ve kapsayıcı uyum stratejileri.
Guatemala	NDC için bir toplumsal cinsiyet stratejisi geliştirilmiş, kadınların katılımıyla ekosistem ve toplum temelli uyum eylemleri uygulanmıştır.	Kadınların katılımının sağlanması ve kırılganlıkların azaltılması.	Restorasyon ve koruma projelerine katılım yoluyla kadınların güçlendirilmesi, ekosistemlerin direncinin artırılması ve topluluklar.
Gine-Bissau	Toplumsal cinsiyet eylem planları geliştirmiş, toplumsal cinsiyete duyarlı bütçeleme kullanmış ve kadınları gıda güvenliği ve girişimcilik konularında eğitmiştir.	Toplumsal cinsiyet eşitliği ve kadınların güçlendirilmesi için kaynak ayrılması.	Hassas kıyı bölgelerinin dayanıklılığının güçlendirilmesi, iklim bilgi sistemlerinin iyileştirilmesi ve kadınların ekonomik fırsatlarının artırılması ve gıda güvenliği bilgisi.

Tablo 9. EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde toplumsal cinsiyete duyarlı iklim uyum stratejileri

Bu vaka çalışmaları, EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin iklim değişikliğinin toplumsal cinsiyete özgü etkilerini ele alma ve özel uyum eylemleri yoluyla toplumsal cinsiyet eşitliğini ve kadınların güçlendirilmesini ilerletmeyi amaçlayan çeşitli yolları göstermektedir. Rapor, toplumsal cinsiyete duyarlı önlemlerin ulusal uyum stratejilerine tam olarak entegre edilmesini sağlamak için sürekli desteğe duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

YZ, özellikle toplumsal cinsiyet önyargılarını ele alabilir ve sağlanan vaka çalışmalarında vurgulanan iklim adaptasyon girişimlerinin faydalarını artırabilir. EAGÜ'ler ve SIDS, YZ teknolojilerini kullanarak çeşitli şekillerde fayda sağlayabilir. YZ, çeşitli bölgelerden ve kaynaklardan gelen farklı veri kümelerini bir araya getirerek veri entegrasyonunu ve analizini geliştirebilir, böylece iklim modellerinin doğruluğunu ve kapsamlılığını artırabilir. Bu entegrasyon, daha kesin tahminlere ve özel uyarılma stratejilerine olanak tanır. Ayrıca, yapay zeka odaklı araçlar toplumsal cinsiyete duyarlı uyum projelerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve değerlendirilmesini sağlayarak zamanında ve etkili müdahaleler için kaynak tahsisinin ve proje uygulamasının optimize edilmesine yardımcı olabilir. YZ, cinsiyete göre ayrıştırılmış verileri analiz ederek iklim tahminlerinin ve uyum stratejilerinin farklı demografik gruplar arasında eşitlikçi ve etkili olmasını sağlar ve iklim eylemi çabalarında adaleti teşvik eder. Ayrıca YZ, iklim verilerindeki kalıpları ve eğilimleri belirleyerek karar alma süreçlerini destekleyebilir ve politika yapıcılarının daha başarılı uyum stratejileri geliştirmelerine yardımcı olabilir. Son olarak, YZ, iklim uyum projelerinde kaynak kullanımını optimize ederek, finansman ve çabaların en çok ihtiyaç duyulan ve en büyük etkiyi yaratacak yerlere yönlendirilmesini sağlayabilir. YZ'nin bu girişimlere dahil edilmesi, DKK'ların ve SIDS'in aşağıdaki gibi zorlukların üstesinden gelmesine olanak tanır

ve iklim eyleminin faydalarının eşit bir şekilde dağıtılmasını sağlamak ve nihayetinde küresel ölçekte dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği artırmak.

Bu zorluklardan bahsederken, Afrika'nın tarım ve gıda sistemleri için sorumlu YZ raporuna (Ozor ve ark. 2023) atıfta bulunarak, belirlenen başlıca zorluklar arasında cinsiyet eşitsizlikleri, yetersiz vasıflı araştırmacılar, uygulama verilerinin eksikliği, hedeflenen politikaların ve kurumsal desteğin olmaması, karbon ayak izi bilgileriyle ilgili çevresel kaygılar ve teknolojik eksiklikler yer almaktadır. Bu zorluklar, YZ teknolojilerine erişimdeki eşitsizlikleri artıran ve Afrika'nın farklı bölgelerinde YZ çözümlerinin adil bir şekilde geliştirilmesini ve uygulanmasını engelleyen dijital uçurumla daha da artmaktadır.

Eşitlikçi YZ gelişimine ulaşmak için toplumsal cinsiyet çeşitliliğinin dahil edilmesi önemlidir. Başta UNFCCC, BM SKH'leri, BM-Habitat, UNESCO ve UNDP olmak üzere uluslararası kuruluşlardan gelen çok sayıda farkındalık artırma girişimi, toplumsal cinsiyet perspektiflerini kamu politikalarına, eğitim programlarına, endüstriye ve diğer birçok sektöre entegre etmek için tavsiyelerde bulunmuştur. Bu çabalar aynı zamanda ortaya çıkan yapay zeka odaklı çözümlerde toplumsal cinsiyet önyargılarını ele almayı ve bunların üstesinden gelmeyi amaçlamaktadır. YZ'nin artan entegrasyonu, ortaya çıkan YZ sistemlerindeki doğal cinsiyet önyargıları konusunda artan bir farkındalığa yol açmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, adaleti ve kapsayıcılığı teşvik etmek için bu önyargıları azaltmaya yönelik temel nedenleri, sonuçları ve stratejileri anlamaya odaklanmıştır.

Lima ve diğerleri (2023) toplumsal cinsiyet önyargısını toplumsal, teknik ve bireysel olarak sınıflandırmış, toplumsal ve sosyo-teknik unsurların birincil nedenler olduğunu belirtmiştir. Önyargının üstesinden gelmek için kilit stratejiler olarak debiasing, veri seti tasarımı ve toplumsal cinsiyet duyarlılığını vurgulamışlar ve bu zorlukları kapsamlı bir şekilde ele almak için kapasite geliştirme ve politika çıkarımları önermişlerdir. Çalışma, YZ'de toplumsal cinsiyet önyargısının çok yönlü doğasına ilişkin temel bir anlayış ortaya koymakta ve bunu azaltmak için geniş bir strateji yelpazesi sunmaktadır. Lima ve diğerleri (2023) üzerine inşa edilen Nadeem ve diğerleri (2022), toplumsal cinsiyet önyargısının sosyo-teknik bir sorun olduğunu ortaya koymuş ve bunu azaltmak için teknolojik, örgütsel ve toplumsal yaklaşımları birleştiren teorik bir çerçeve önermiştir. Lima ve diğerleri (2023) tarafından önerilen stratejilerle yakından uyumlu olarak, toplumsal cinsiyet önyargısının entegre bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

Patón-Romero ve diğerleri (2022), özellikle BM SKH'leri kapsamında, sosyal sürdürülebilirlik çerçevesinde toplumsal cinsiyet eşitliği ve YZ'nin kesişimini vurgulamıştır. YZ ve toplumsal cinsiyet eşitliği alanlarının sınırlı ortak gelişimine dikkat çekmişlerdir. Bununla birlikte, bu sorunları ele almayı amaçlayan artan sayıda teklif gözlemlemişlerdir. Bulguları, toplumsal cinsiyet eşitliği hususlarının YZ gelişimine entegre edilmesi ihtiyacını desteklemektedir.

Nadeem ve diğerleri (2020), YZ'de cinsiyet önyargısına katkıda bulunan faktörleri ve hafifletici stratejileri ele almış, veri ve geliştiricilerde çeşitlilik eksikliğini, programcı önyargısını ve toplumsal cinsiyet önyargılarını birincil katkıda bulunanlar olarak tanımlamıştır. YZ'deki önyargıların insan önyargılarından kaynaklandığını vurgulayarak, Lima ve arkadaşlarının (2023) cinsiyet önyargısının toplumsal kökenlerine ilişkin bulgularını yinelemişlerdir. Çalışmaları ayrıca, Nadeem ve arkadaşları (2022) tarafından önerilen daha geniş çerçeveye uyumludur ve bu önyargıları ele almak için kapsamlı stratejilere duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Yapay zekada önyargıya ilişkin herhangi bir inceleme, yarattığımız ve eğittiğimiz modellerin ve sistemlerin kendimizin bir yansıması olarak eksikliğini kabul etmelidir. Gerçekten de, kadınları tanımak için daha yüksek hata oranları bildiren cinsiyet tanıma için NLP, CV, DL ve GenAI sistemleri de dahil olmak üzere çok sayıda yüksek profilli cinsiyet yanlılığı vakası olmuştur. Örneğin, Sun ve diğerleri (2019) NLP'deki cinsiyet önyargısına odaklanarak toplumsal önyargıların genellikle eğitim verilerine nasıl gömülü olduğunu vurgulamıştır. Çeşitli debiasing yöntemlerini ve bunların etkinliğini tartışmışlardır,

toplumsal cinsiyet önyargısını azaltmaya yönelik teknik yaklaşımların anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Çalışma, debiasing stratejilerinin spesifik uygulamalarına ilişkin pratik bilgiler sağlamaktadır.

Bu çalışmalar, YZ'deki toplumsal cinsiyet önyargısının çok yönlü doğasını toplu olarak ortaya çıkarmakta ve toplumsal, teknik ve bireysel faktörleri kilit katkıda bulunanlar olarak tanımlamaktadır. YZ geliştirmede debiasing teknikleri, çeşitli veri temsili ve kapsayıcı uygulamaları içeren kapsamlı stratejilerin önemini ve alaka düzeyini vurgulamaktadırlar. Bu bulguların bir araya gelmesi, daha eşitlikçi YZ sistemleri oluşturmak için disiplinler arasında sürekli araştırma ve işbirliğinin gerekliliğine işaret etmektedir.

YZ riskleri, toplumsal cinsiyet önyargısının ötesine geçerek çevresel adaletsizlik ve sosyal eşitsizlikle ilgili daha geniş eşitlik ve kapsayıcılık sorunlarını da içermektedir. Bu zorluklar, belirli gruplara, topluluklara veya bölgelere karşı sistemik ayrımcılıktan ve köklü önyargılardan kaynaklanmaktadır. YZ, çevresel etkiler, kaynak dağılımı ve sosyal fırsatlardaki eşitsizlikleri belirleyerek bu eşitsizlikleri vurgulama ve azaltma potansiyeline sahip olsa da, aynı zamanda riskler de oluşturmaktadır. YZ sistemleri, bu yerleşik önyargıları güçlendirdikleri takdirde mevcut eşitsizlikleri sürdürebilir ve hatta daha da kötüleştirebilir. Önceki YZ modelleri, ırksal azınlıklara uygulandığında zararlı ve potansiyel olarak ciddi sonuçlara yol açan önyargılı tahminler göstermiştir (Columbia Üniversitesi 2024). Bu nedenle, herkes için adil ve hakkaniyetli sonuçlar sağlamak için YZ'yi bu uzun süredir devam eden sorunları ele almak ve düzeltmek için bilinçli bir çaba ile tasarlamak ve uygulamak çok önemlidir. UNESCO'nun (2020) da belirttiği gibi, "Algoritmik başarısızlıklar, nihayetinde teknolojiyi şekillendirme gücünü elinde bulunduranların önceliklerini, değerlerini ve sınırlamalarını yansıtan insani başarısızlıklardır. Bu güçlü ilerlemenin potansiyelini gerçekleştirmeyi ve tehlikelerine karşı koymayı umuyorsak, yapay zekanın tasarımında, geliştirilmesinde, dağıtımında ve yönetiminde gücü yeniden dağıtmak için çalışmalıyız."

YZ'deki daha geniş temsil önyargısı sorunu, cinsiyet önyargısının ötesine geçmekte ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli bir endişe kaynağı olmaktadır. Bu önyargı, bu bölgelerde yaygın olan veri kıtlığı ve dijital uçurumdan kaynaklanmaktadır ve bu da yerel gerçekleri doğru bir şekilde temsil edemeyen mevcut veri kümeleri üzerinde eğitilmiş YZ sistemlerine yol açabilir. Kapsamlı ve çeşitli verilerin eksikliği, gelişmekte olan ülkelerdeki toplulukların karşılaştığı belirli zorlukları ele almak için genellikle gerekli bağlamsal anlayıştan yoksun olduklarından, amaca uygun olmayabilecek YZ modelleriyle sonuçlanır. Bu sınırlamanın üstesinden gelmek için, bu bölgeler için YZ çözümleri oluşturma çabalarının, hedeflenen veri toplama girişimleri ile birlikte gerçekleşmesi çok önemlidir. Bu girişimler, YZ araçlarını uygun bağlamla donatmayı, yerel sorunları etkili bir şekilde çözebilmelerini ve anlamlı kalkınmaya katkıda bulunmalarını sağlamayı amaçlamalıdır. YZ sistemleri, gelişmekte olan ülkelerin benzersiz sosyo-ekonomik, kültürel ve çevresel koşullarını yansıtan çeşitli veri kümelerini dahil ederek bu alanların karşılaştığı nüanslı zorlukları ele almak için daha iyi uyarlanabilir ve sonuçta daha adil ve etkili sonuçlara yol açabilir.

Yukarıdaki çalışmalardan ve toplumsal cinsiyet önyargısına ilişkin tartışmalardan elde edilen içgörüler, iklim eyleminde YZ uygulamalarının ilerletilmesine yardımcı olabilir. İklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonunda YZ kullanımı, önemli etik hususları ve potansiyel önyargıları gündeme getirmekte, bunların geliştirilmesi ve uygulanmasında sadece eşitlik değil, aynı zamanda adalet, şeffaflık, hesap verebilirlik ve diğer algoritmik önyargıları da gerektirmektedir (Bibri vd. 2023; Jain vd. 2023). Toplumsal cinsiyet önyargısını azaltmak için kapsamlı stratejiler benimseyerek, iklim eyleminde kullanılan yapay zeka sistemleri daha etkili ve eşitlikçi hale gelebilir. Eğitim veri setlerinde çeşitliliğin sağlanması, debiasing tekniklerinin uygulanması ve kapsayıcı bir geliştirme ortamının teşvik edilmesi kilit adımlardır. Bu uygulamalar, YZ sistemlerinin adilliklerini geliştirmekte ve doğru iklim modellemesi ve karar verme için gerekli olan güvenilirlik ve sağlamlıklarını artırmaktadır. YZ teknolojilerinin küresel çevresel sürdürülebilirlik çabalarına etkili bir şekilde katkıda bulunmasını ve tüm toplumların YZ odaklı iklim çözümlerindeki ilerlemelerden yararlanmasını sağlarlar.

2.4.2. Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Eylemi için Yapay Zeka Kullanımında Cinsiyet Önyargısı

Gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için YZ kullanımında toplumsal cinsiyet önyargısının analizi, Bölüm 4'te ele alınan tematik alanlarla ilgilidir ve incelenen çalışmalardan ve onların görüş ve tartışmalarından elde edilen içgörülerden yararlanmaktadır. YZ'nin iklim eylemine entegrasyonu hem önemli fırsatlar hem de zorluklar sunmaktadır. Dikkatle değerlendirilmesi gereken kritik hususlardan biri, YZ sistemlerinin mevcut toplumsal cinsiyet önyargılarını çoğaltma ve hatta güçlendirme potansiyelidir. YZ'nin kapsamlı ve eşitlikçi iklim çözümlerine katkıda bulunmasını sağlamak için çeşitli sektörlerde bu önyargıların ele alınması şarttır. Bu sektörlerdeki YZ uygulamalarında toplumsal cinsiyet kapsayıcılığının önemi, sosyal eşitliği, iklim adaletini ve daha geniş sürdürülebilirlik hedeflerini teşvik etme potansiyelinde yatmaktadır.

İklim modellemesi ve tahmini: İklim modelleme ve tahmininde, YZ modellerini eğitmek için kullanılan verilerde kadınların yeterince temsil edilmemesinden kaynaklanan toplumsal cinsiyet önyargısı ortaya çıkabilir. Genel olarak, Varona ve diğerleri (2021), YZ tahmin sistemlerinde adaleti sağlamadaki mevcut boşluklara odaklanmış ve makine öğreniminin doğası gereği tahmin sistemlerinin tasarımında önyargıları sürdürebilecek ve otomatikleştirebilecek sınırlamalar içerdiğini vurgulamıştır. Tarihsel veriler genellikle erkek egemen faaliyetleri ve bakış açılarını yansıtmakta, bu da iklim değişikliğinin erkekleri ve kadınları farklı şekillerde etkilediğini hesaba katmayan modellere yol açmaktadır. Kadınların bilgilerinin göz ardı edilmesi, afet riskini azaltma stratejilerini zayıflatır ve kırılganlıkları artırabilir. Yapay zeka modelleri toplumsal cinsiyete özgü bu etkileri dikkate almazsa, yanlış tahminler ve etkisiz politika önerileri üretebilir. İklim modellemesi için kullanılan verilerin farklı toplumsal cinsiyet perspektiflerini içermesini sağlamak, bu modellerin doğruluğunu ve uygunluğunu artırabilir.

Örneğin, kadınlar genellikle toplum temelli afete hazırlık ve müdahalede önemli roller oynarlar. Sele eğilimli bölgelerde, selin etkileri, değişen sosyal roller, sorumluluklar ve kaynaklara erişim nedeniyle erkekler ve kadınlar arasında önemli ölçüde farklılık gösterebilir. Özellikle kırsal ve gelişmekte olan bölgelerde kadınlar genellikle su ve gıda gibi hane kaynaklarının güvenliğinden sorumludur ve bu kaynaklar sel sırasında ciddi şekilde kesintiye uğrayabilir. Sel tahmini ve yönetimi için kullanılan yapay zeka sistemleri cinsiyete göre ayrıştırılmış verileri içermese, sonuç olarak kadınların özel ihtiyaçlarını ve savunmasızlıklarını ele almakta başarısız olabilirler. Örnek olarak, sel sırasında tahliye planları ve kaynak dağıtımı, hamile kadınların, yaşlıların veya küçük çocuklara bakanların karşılaştığı hareketlilik kısıtlamalarını dikkate almayabilir, bu da yetersiz desteğe ve artan riske yol açabilir. Sel tahmini ve yönetimi için yapay zeka modellerinin farklı toplumsal cinsiyet perspektiflerini entegre etmesini sağlamak, politika yapıcıların daha kapsayıcı ve etkili sel müdahale stratejileri geliştirmesini sağlayabilir. Bu, özel iletişim stratejilerini, toplumsal cinsiyete duyarlı tahliye planlarını ve etkilenen tüm grupların uygun ve zamanında yardım almasını sağlamak için yardım kaynaklarının hedefli dağıtımını içerebilir.

Kaynak yönetimi: Su, tarım ve balıkçılık gibi kaynak yönetimindeki yapay zeka uygulamaları, kadınların rollerini ve ihtiyaçlarını dikkate almazsa toplumsal cinsiyet önyargılarını sürdürebilir. Gelişmekte olan birçok ülkede kadınlar, evsel su kaynaklarının, tarım ve balıkçılık faaliyetlerinin yönetiminden birinci derecede sorumludur. Kadınların bilgi ve uygulamalarını göz ardı eden yapay zeka çözümleri, kadınlar için daha az etkili ve hatta zararlı olan kaynak yönetimi stratejilerine yol açabilir. Örneğin, kadınların özel ihtiyaçlarını dikkate almayan su yönetim sistemleri, kaynakları verimsiz bir şekilde tahsis ederek toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini daha da kötüleştirebilir. Toplumsal cinsiyete duyarlı verilerin entegre edilmesi ve kadınların yapay zeka kaynak yönetimi araçlarının geliştirilmesine dahil edilmesi bu sorunların ele alınmasına yardımcı olabilir. Bir başka örnek olarak, kadınlar genellikle erkeklere kıyasla farklı tarımsal uygulamalarda bulunmaktadır. Bu uygulamalar hakkında veri içermeyen YZ modelleri, kadın çiftçiler için mahsul yönetimini ve iklim esnekliği stratejilerini optimize etmekte başarısız olabilir.

Buna ek olarak, Wabnitz ve diğerleri (2021) balıkçılıktaki toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini vurgulamak için çeşitli çalışmalardan elde edilen bulguları ve SIDS ve LDC'lerden vaka örneklerini sentezleyerek toplumsal cinsiyet eşitliğini ve okyanusla ilgili zorluklara karşı dayanıklılığı teşvik etme çabalarını özetlemiştir. Kadınların bu sektörlerdeki önemli katkılarını dikkat çekerek, balıkçılığın SKH'lerin gerçekleştirilmesindeki kritik rolünü vurgulamışlardır. Önemlerine rağmen, kadınların rolleri, öncelikleri ve çıkarları politika ve yönetimde genellikle göz ardı edilmekte ve önemsenmemekte, karar alma süreçlerine katılımlarını sınırlayan kısıtlayıcı sosyal-kültürel normlar tarafından daha da kötüleştirilmektedir.

Orman yönetimi: Yapay zeka gelişiminde toplumsal cinsiyet önyargılarının ele alınması, kapsamlı ve eşitlikçi iklim çözümlerine ulaşmak için eşit derecede önemlidir. Kadınlar orman ekosistemlerinde, kaynakların yönetiminde ve kereste dışı orman ürünlerinin toplanmasında kilit roller oynamaktadır. Bu rolleri tanıyan kapsayıcı YZ sistemleri, kaynak kullanımını optimize edebilir, koruma çabalarını geliştirebilir ve genel verimliliği artırabilir. Veri toplamada bu rolleri göz ardı eden önyargılar, kadınların katkılarını hesaba katmayan ve dolayısıyla toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini güçlendiren YZ çözümleriyle sonuçlanabilir. Ayrıca, kadınlar için finansman ve eğitime eşit erişimin sağlanması, işlerin yerinden edilmesini önleyebilir ve ekonomik dayanıklılığı teşvik edebilir. Toplumsal cinsiyet kapsayıcılığını YZ odaklı orman yönetimine entegre etmek, tüm paydaşlara fayda sağlayan etkili, adil ve sürdürülebilir stratejiler oluşturabilir.

Enerji yönetimi: Yapay zeka odaklı enerji yönetim sistemlerindeki cinsiyet önyargısı, enerji kaynaklarına erişimi ve bu kaynaklar üzerindeki kontrolü etkileyebilir. Benzer şekilde, birçok gelişmekte olan ülkede, kadınların yemek pişirmek ve ısınmak için geleneksel biyokütleyi kullanma olasılığı daha yüksekken, erkeklerin modern enerji kaynaklarına daha fazla erişimi olabilir. Bu farklılıkları hesaba katmayan YZ sistemleri, kadınların özel enerji ihtiyaçlarını karşılamakta başarısız olabilir ve mevcut eşitsizlikleri pekiştirebilir. Örneğin, kentsel alanlarda enerji verimliliğini artırmaya odaklanan YZ çözümleri, biyokütleye dayanan kırsal kadınları ihmal edebilir ve onları sürdürülebilir alternatiflerden yoksun bırakabilir. Kadınların enerji ihtiyaçları ve kullanım şekilleri erkeklerinkinden önemli ölçüde farklı olabilir. Bu önyargıyı azaltmak için, YZ enerji yönetim sistemleri hem erkeklerin hem de kadınların çeşitli enerji ihtiyaçlarını ve kullanım modellerini dikkate almalıdır. Bu farklılıkları dikkate almayan yapay zeka odaklı enerji çözümleri, etkili ve eşitlikçi enerji erişimi sağlamada başarısız olabilir.

YZ gelişiminde toplumsal cinsiyet önyargılarının ele alınması, YZ güdümlü enerji sistemlerinin kapsamlı ve eşitlikçi iklim çözümlerine ulaşması için gereklidir. YZ, enerji verimliliği programlarını ve yenilenebilir enerji girişimlerini hem erkeklerin hem de kadınların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlayarak enerji kullanımını optimize edebilir. Bununla birlikte, veri toplamadaki önyargılar mevcut cinsiyet eşitsizliklerini yansıtabilir ve bu da YZ'yi güçlendirebilir. Ayrıca, kadınların teknoloji ve enerji sektörlerinde yeterince temsil edilmemesi, YZ sistemlerinin toplumsal cinsiyete duyarlı bakış açılarından yoksun olabileceği anlamına gelmektedir. Bu kapsayıcı yaklaşım, toplumsal cinsiyet eşitliğini teşvik etmekte ve sürdürülebilir ve düşük karbonlu enerji sistemlerine geçişi desteklemektedir.

Ulaşım yönetimi: Yapay zeka tarafından yönlendirilen ulaşım yönetim sistemleri, kadınların hareketliliğini ve güvenliğini etkileyerek toplumsal cinsiyet önyargısı da sergileyebilir. Gelişmekte olan ülkelerdeki kadınlar genellikle erkeklere kıyasla farklı zamanlarda seyahat etmek veya farklı ulaşım modları kullanmak gibi farklı ulaşım ihtiyaçlarına ve modellerine sahiptir. Yapay zeka sistemlerinin cinsiyete özgü bu kalıpları dikkate almaması, kadınlar için daha az erişilebilir veya güvenli olan ulaşım çözümleriyle sonuçlanabilir. Örneğin, güvenlik yerine verimliliğe öncelik veren rota optimizasyon algoritmaları, kadınların seyahat etmesi için daha az güvenli olan alanları hesaba katmayabilir. Toplumsal cinsiyete özgü verilerin dahil edilmesi ve kadınlara danışılması daha iyi ulaşım yönetim sistemlerinin ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Ayrıca, YZ gelişiminde toplumsal cinsiyet önyargılarının ele alınması, kapsamlı ve eşitlikçi iklim çözümlerine ulaşmak için YZ güdümlü ulaşım sistemleri için çok önemlidir. Kapsayıcı ulaşım planlaması, YZ sistemlerinin

mevcut eşitsizlikleri sürdürmeyerek sosyal eşitliğe ve iklim adaletine katkıda bulunur. Örneğin, yoğun olmayan saatlerde toplu taşıma seçeneklerinin olmaması gibi sorunları ele almak veya ev-okul veya ev-pazar gibi geleneksel olmayan güzergahlara hitap eden rotalar oluşturmak erişilebilirliği ve eşitliği önemli ölçüde artırabilir. Bu yaklaşım, daha geniş sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumludur ve ulaşım için yapay zekada cinsiyet kapsayıcılığını etkili, eşitlikçi ve dirençli iklim stratejileri oluşturmak için gerekli kılmaktadır.

Afet riskinin azaltılması: DRR'deki yapay zeka uygulamaları, kadınların farklı kırılganlıklarını ve kapasitelerini hesaba katmazlarsa, istemeden de olsa toplumsal cinsiyet önyargılarını güçlendirebilir. Kadınlar, ev dışındaki hareketlerini sınırlayan ataerkil normlar ve bilgi ve kaynaklara sınırlı erişim gibi sosyal ve ekonomik eşitsizlikler nedeniyle afetler sırasında genellikle daha büyük risklerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu toplumsal cinsiyete dayalı yapısal engelleri dikkate almayan yapay zeka sistemleri, kadınlar için daha az etkili veya ayrımcı olan afet müdahale stratejilerine yol açabilir. Örneğin, kadınların daha az erişebildiği kanallar aracılığıyla bilgi dağıtan erken uyarı sistemleri, onları daha savunmasız bırakabilir. YZ odaklı DRR çözümlerinin toplumsal cinsiyete özgü verileri içermesini ve kadınların planlama ve uygulamaya dahil edilmesini sağlamak, bunların etkinliğini ve kapsayıcılığını artırabilir. Kapsayıcı YZ, erkekler ve kadınlar üzerindeki farklı etkileri göz önünde bulunduran erken uyarı sistemleri, tahliye planları ve kurtarma programları tasarlamaya yardımcı olabilir, böylece toplumun direncini artırabilir ve genel afet riskini azaltabilir.

Eğitim ve toplum katılımı: Eğitim ve toplum katılımı için YZ'deki cinsiyet önyargısı, kadınların ve kız çocuklarının katılımını ve faydalarını sınırlayabilir. Teknolojiye erişimdeki cinsiyet eşitsizliklerini ele almayan YZ odaklı eğitim araçları dijital uçurumu genişletebilir. Örneğin, dijital cihazlara ve internete eşit erişimi varsayan e-öğrenme platformları, gelişmekte olan birçok ülkede kadınların ve kız çocuklarının bu kaynaklara daha az erişimi olduğu gerçeğini göz ardı edebilir. Kadınların rollerini ve seslerini dikkate almayan YZ kullanan topluluk katılımı çabaları da onların özel ihtiyaçlarını ve endişelerini ele almakta başarısız olabilir. Toplumsal cinsiyete duyarlı YZ araçları geliştirmek ve eğitim kaynaklarına eşit erişim sağlamak, kadınların ve kız çocuklarının daha fazla dahil edilmesini ve güçlendirilmesini teşvik edebilir.

Gelişmekte olan ülkelerde iklim eylemi için YZ'de toplumsal cinsiyet önyargısının ele alınması, en iyi sonuçların elde edilmesi için çok önemlidir. Çeşitli tematik alanlarda, YZ sistemleri kadınların farklı ihtiyaçlarını ve bakış açılarını dikkate almalıdır. Toplumsal cinsiyete duyarlı ve ayrıştırılmış verilerin entegre edilmesi, kadınların YZ çözümlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına dahil edilmesi ve teknoloji ve kaynaklara eşit erişimin sağlanması, toplumsal cinsiyet önyargısını azaltabilir ve iklim eylemi için daha kapsayıcı stratejileri teşvik edebilir. Bu yaklaşım, YZ teknolojilerinin toplumun tüm üyeleri için sürdürülebilir ve eşitlikçi kalkınmaya katkıda bulunmasını sağlamaya yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, yapay zeka geliştirmekte olan ülkelerde iklim eylemini ilerletmek için önemli bir umut vaat ederken, ilgili riskleri ve zorlukları tanımak ve ele almak önemlidir. Enerji ve su tüketimi, veri güvenliği, dijital uçurum ve toplumsal cinsiyet önyargısı, dikkatli bir değerlendirme ve stratejik müdahale gerektiren kilit alanlardır. Gelişmekte olan ülkeler, bu riskleri proaktif bir şekilde yöneterek ve azaltarak sürdürülebilir iklim eylemini teşvik etmek için yapay zekanın potansiyelinden yararlanabilir. YZ teknolojilerinin mevcut çevresel, etik ve sosyal zorlukları daha da kötüleştirmeden SKH 13'e olumlu katkıda bulunmasını sağlamak için etkili politikalar, kapasite geliştirme ve kapsayıcı uygulamalar gereklidir.

2.5. Gençlik Katılımı

Gençlerin katılımı, özellikle genç nüfusun demografinin önemli bir bölümünü oluşturduğu gelişmekte olan ülkelerde, iklim eylemi için yapay zekadan yararlanmada kritik öneme sahiptir. Gençleri YZ odaklı iklim girişimlerine dahil etmek, onların yenilikçiliğini, enerjisini ve benzersiz bakış açılarını kullanabilir. Ancak, gençlerin bu çabalara etkili ve adil bir şekilde katılımını sağlamak için çeşitli zorlukların ele alınması gerekmektedir.

Eğitim ve kapasite geliştirme; Gelişmekte olan ülkelerdeki gençlerin YZ ve iklim bilimi alanında kaliteli eğitim ve öğretime sınırlı erişimi, YZ odaklı iklim eylemine etkili bir şekilde katkıda bulunma yeteneklerini engelleyebilir. YZ, veri bilimi ve iklim değişikliği konularında eğitim sağlayan eğitim programlarına ve ortaklıklara yatırım yapın. Erişilebilir çevrimiçi kurslar, atölye çalışmaları ve mentorluk fırsatları yaratın.

Dijital Uçurum: Gelişmekte olan ülkelerdeki birçok genç, gerekli teknolojiye ve internet bağlantısına erişememekte, bu da dijital uçurumu daha da derinleştirmekte ve YZ girişimlerine katılımlarını sınırlamaktadır. İnternet altyapısını iyileştirmek ve dijital araçlara uygun fiyatlı erişim sağlamak için politikalar ve programlar uygulayın. Yetersiz hizmet alan gençlik topluluklarına cihaz ve bağlantı sunan girişimleri teşvik edin.

Kapsayıcılık ve eşitlik: Sosyo-ekonomik engeller ve toplumsal cinsiyet eşitsizlikleri, tüm gençlerin yapay zeka ve iklim eylemi projelerine eşit katılımını engelleyebilir. Marjinalleştirilmiş ve yeterince temsil edilmeyen grupları hedef alan kapsayıcı programlar geliştirin. Eğitim ve kapasite geliştirme girişimlerinde toplumsal cinsiyete duyarlı yaklaşımlar sağlayın. Farklı sesleri ve bakış açılarını teşvik eden kapsayıcı bir ortamı teşvik edin.

Güçlendirme ve liderlik: Gençler genellikle yapay zeka ve iklim eylemi girişimlerinde liderlik rolleri üstlenecek platform ve fırsatlardan yoksundur. Gençlerin liderlik etmesi ve karar alma süreçlerine katılması için platformlar oluşturun. YZ ve iklim eylemine odaklanan gençlik konseyleri veya danışma kurulları kurun. Gençlerin liderliğindeki projeleri destekleyin ve genç yenilikçilere fon ve mentorluk sağlayın.

Farkındalık ve savunuculuk: Gençler arasında iklim eyleminde YZ'nin potansiyeli ve dahil olabilecekleri yollar hakkında genellikle farkındalık eksikliği vardır. YZ'nin iklim eylemindeki rolü hakkında farkındalık kampanyaları ve bilgilendirme oturumları düzenleyin. Gençlerin iklim savunuculuğu ve politika diyaloguna katılımını teşvik edin. Gençlerin katılımını sağlamak ve farkındalığı yaymak için sosyal medya ve diğer dijital platformlardan yararlanın.

Gençleri yapay zeka odaklı iklim eylemine dahil etmek hem fırsatlar hem de zorluklar sunmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, gençlerin karşılaştığı eğitimsel, teknolojik, sosyo-ekonomik ve liderlik engellerini ele alarak yenilikçi ve etkili iklim çözümlerini yönlendirmek için genç nüfuslarının potansiyelini kullanabilirler. Gençleri YZ ve iklim girişimlerine dahil etmeye yönelik proaktif önlemler, yalnızca gelecek nesli güçlendirmekle kalmayacak, aynı zamanda sürdürülebilir ve kapsayıcı iklim direncini de sağlayacaktır.

YZ yönetişi, YZ teknolojilerinin etik ve sorumlu bir şekilde kullanılmasını sağlamanın anahtarıdır. YZ sistemleri toplumun çeşitli yönlerine giderek daha fazla entegre hale geldikçe, gelişimlerini ve dağıtımlarını denetlemek için sağlam bir yönetim ekosistemi oluşturmak çok önemlidir. YZ için adalet, şeffaflık, hesap verebilirlik ve güvenlik gibi konuları ele almayı amaçlayan düzenleyici çerçeveler ortaya çıkmaya başlamıştır. Örneğin, 2024 yılında Avrupa Komisyonu, YZ'nin güvenli, şeffaf, ayrımcı olmayan ve çevre dostu olmasını sağlamayı amaçlayan ve farklı risk seviyelerine uygulanan farklı kuralları içeren YZ Yasasını onaylamıştır (Avrupa Komisyonu 2024). Bu çerçeveler, önyargıları önlemeye, bireysel hakları korumaya ve YZ sistemlerinin toplumsal değerlerle uyumlu olmasını sağlamaya çalışmaktadır. Etkili YZ yönetişi, YZ'nin etik kullanımına rehberlik eden kapsamlı politikalar ve standartlar oluşturmak için hükümetler, endüstri paydaşları, akademi ve sivil toplum arasında işbirliği gerektirir. Bu düzenleyici önlemlerin oluşturulması, risklerini azaltırken ve kamu yararına hizmet etmesini sağlarken YZ'nin faydalarından yararlanabilir.

2.6. Tüketiciliğin Teşvik Edilmesinde, Fosil Yakıt Çıkarımı ve Sömürüsünün Hızlandırılmasında ve İklimle İlgili Yanlış Bilgilerin Yayılmasında Yapay Zekanın Rolü: Çevresel Sürdürülebilirlik için Çıkarımlar

YZ, iklim eylemini desteklemek ve ilerletmekten bu çabaları aktif olarak baltalayan faaliyetleri kolaylaştırmaya kadar geniş bir uygulama yelpazesine sahip güçlü ve çok yönlü bir araç olarak giderek daha fazla kabul görmektedir. YZ, olumlu değişimi teşvik etmek için önemli bir umut vaat ederken, çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle çelişen şekillerde uygulandığında riskler de taşımaktadır. Örneğin, YZ, fosil yakıt arama ve çıkarma işlemlerini geliştirmek için kullanılmakta ve yenilenebilir enerjiye geçiş için küresel çabalarla doğrudan çelişmektedir. Dahası, YZ, tüketiciliği sürdüren ve sürdürülemez davranışları teşvik eden, çevresel bozulmaya katkıda bulunan ürün ve hizmetlere olan talebi artıran hedefli reklamcılıkta merkezi bir rol oynamaktadır. Ek olarak, YZ sistemleri iklimle ilgili yanlış bilgilerin yayılmasını artırmak için giderek daha fazla kullanılmakta ve çevresel zorlukları ele alma çabalarını daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu riskler, ekolojik zararı şiddetlendiren uygulamalar yerine sürdürülebilir uygulamalara öncelik veren sorumlu kalkınma ve yönetim ihtiyacının altını çizmektedir. Yapay zekanın küresel çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamak, teknolojinin çevresel yönetimi engellemek yerine desteklediği bir geleceği şekillendirmek için kritik öneme sahip olacaktır.

YZ güdümlü algoritmalar, petrol ve gaz şirketlerine yeni rezervleri belirleme ve çıkarma verimliliğini artırma konusunda yardımcı olmaktadır. Li ve diğerleri (2024), Yapay Genel Zekanın (YGZ) petrol ve gaz endüstrisinde, özellikle de yukarı akış operasyonlarında uygulanmasını araştırmıştır. LLM'lerin ve gelişmiş CV sistemlerinin üretim verimliliğini, güvenliği ve sondaj tekniklerini nasıl geliştirdiğini vurgulamışlardır. AGI'nin entegrasyonu, görevleri otomatikleştirme, operasyonları optimize etme ve karar verme sürecini iyileştirme potansiyeli sunmaktadır. Bununla birlikte, uzmanlık ihtiyacı ve sınırlı veri kümeleri gibi zorluklar, büyük ölçekli dağıtım için engel olmaya devam etmektedir. Çalışma ayrıca, ChatGPT ve SAM gibi GenAI modellerinin, yapay zekayı sektöre özgü uygulamalar için daha erişilebilir ve uzmanlaşmış hale getiren yenilikçi rolünü vurgulamaktadır.

Benzer şekilde, Eremin ve Selenginsky (2023) petrol ve gaz üretiminde YZ yöntemlerinin uygulanmasına odaklanmış ve YZ teknolojilerinin planlama ve komplikasyonların önlenmesinden sondaj ve üretim kapasitesinin artırılmasına kadar süreçlerin optimize edilmesinde nasıl kritik hale geldiğini göstermiştir. Çalışmada, log ve sismik veriler kullanılarak geçirgenlik ve gözeneklilik gibi rezervuar özelliklerinin tahmin edilmesinde YZ modellerinin kullanımı vurgulanmaktadır. Bu doğru tahminler, mühendislerin hidrokarbon geri kazanımını daha iyi yönetmelerini sağlıyor. Ayrıca, gerçek deneyler, simülasyonlar ve saha kayıtlarından elde edilen kapsamlı veri kümeleri üzerinde eğitilen yapay zeka sistemleri, potansiyel komplikasyonları ve acil durumları tahmin edebilir. Genel olarak YZ, petrol ve gaz endüstrisinde verimliliğin artırılmasına ve hidrokarbon geri kazanımının artırılmasına önemli ölçüde katkıda bulunur. Bazı durumlarda, YZ üretim seviyelerini %5'e kadar artırmıştır ve projeksiyonlar YZ'nin 2025 yılına kadar sektör için 425 milyar dolara kadar değer yaratabileceğini göstermektedir (ICLR 2024).

Ayrıca, yapay zeka sistemleri iklimle ilgili yanlış bilgileri geniş ölçekte yaymak, kamuoyunu etkilemek ve politika tartışmalarını anlamlı iklim eylemlerini engelleyecek şekilde şekillendirmek için kullanılabilir. Dijital haber ortamı önemli bir dönüşüm geçiriyor. Çevrimiçi sosyal platformların yaygınlaşması ve GenAI araçlarının ortaya çıkması, iklim değişikliğiyle ilgili yanlış bilgilerin küresel olarak ne kadar hızlı dolaştığını büyük ölçüde değiştiriyor. Sofistike yapay zeka modelleri, güvenilir ve yetkili görünen yanıltıcı içerikler üreterek yanlış bilginin sosyal medya ve diğer platformlarda hızla yayılmasını sağlayabiliyor. Bu durum kamuoyunda kafa karışıklığına, bilimsel fikir birliğine güvensizliğe ve iklim krizinin aciliyetini küçümseyen anlatıların teşvik edilmesine yol açabilir. Bu tür yanlış bilgilendirme kampanyaları kritik politika önlemlerini geciktirebilir, çevre girişimlerine olan desteği aşındırabilir ve dikkatleri gerekli iklim eylemlerinden uzaklaştırabilir.

Galaz ve diğerleri (2023) sosyal ağların, tavsiye sistemlerinin, otomasyonun ve GenAI araçlarının yaygınlaşmasıyla dijital haber ekosisteminde yaşanan hızlı dönüşümü rapor etmiştir. Bu dönüşüm, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik konusundaki yanlış bilgilerin hızını ve erişimini önemli ölçüde artırmıştır. Yazarlar şu hususları vurgulamaktadır

opak sosyal medya algoritmaları, kutuplaştırıcı sosyal botlar ve yapay zeka tarafından üretilen içeriğin tehlikeli kombinasyonuna karşı koymak için politika yapımcılar, araştırmacılar ve halk arasında acil işbirliği ihtiyacı. Bu kısa rapor, "Hakikat, Güven ve Umur" konulu 2023 Nobel Ödülü Zirvesi'ne ortak bir katkı olarak geliştirilmiştir.

Chu-Ke ve Dong (2024), hem teorik gelişmeleri hem de ampirik kanıtları gözden geçirerek GenAI bağlamında küresel yanlış bilgi sorununu tartışmıştır. Yazarlar, YZ kaynaklı yanlış bilgilendirmenin manzarayı nasıl karmaşıktırdığına odaklanmakta ve daha katı düzenlemeler ve artan YZ okuryazarlığı yoluyla etik YZ gelişimini savunmaktadır. YZ okuryazarlığı için, YZ'nin kültürel ve etik sonuçlarını anlamayı, YZ tarafından üretilen içeriği eleştirel bir şekilde değerlendirmeyi ve YZ'nin etkisini kurumsal düzeyde yönetmek için geri bildirim mekanizmalarını kullanmayı içeren bir çerçeve çizmektedirler.

Treen ve diğerleri (2020), çevrimiçi iklim değişikliği yanlış bilgisinin dinamiklerini inceliyor ve bunu şüphecilik, inkâr ve karşıtlıkla ilişkilendiriyor. Yazarlar, yanlış bilginin üretilmesi ve güçlendirilmesinden sorumlu bir aktörler ağını ve sosyal medya platformlarının - yankı odaları, kutuplaşma ve teyit önyargısı yoluyla - yayılmasını nasıl kolaylaştırdığını tanımlamaktadır. Yazarlar, iklim konusundaki yanlış bilginin ele alınmasının eğitimsel, teknolojik ve düzenleyici müdahaleleri içeren multidisipliner bir yaklaşım gerektirdiğini savunmaktadır. Ayrıca, sosyal medyada yanlış bilginin yayılmasını ve bunun abartılı iklim alarmcılığına kadar uzanıp uzanmadığını anlamak gibi mevcut araştırmalardaki boşlukları da vurguluyorlar.

Galaz ve diğerleri (2023), Chu-Ke ve Dong (2024) ve Treen ve diğerleri (2020), iklimle ilgili yanlış bilginin yayılmasındaki yapay zeka ve dijital platformların rolüne özellikle odaklanarak, bu konudaki kritik sorunu toplu olarak vurgulamaktadır. Galaz ve diğerleri (2023), dijital ve yapay zeka araçları nedeniyle yanlış bilginin hızlanmasına odaklanarak, birden fazla sektörde koordineli eylem ihtiyacını vurgulamaktadır. Chu-Ke ve Dong (2024), YZ tarafından üretilen içeriğin yükselişini inceleyerek ve etik YZ geliştirme, düzenleme ve YZ okuryazarlığını savunarak tartışmayı genişletmektedir. **Treen ve diğerleri (2020)**, sosyal ağlar ve bilişsel önyargılar arasındaki etkileşimi tartışarak iklim tartışmalarında yanlış bilginin nasıl sürdürüldüğüne dair kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır.

Her üç çalışma da iklim yanlış bilgisiyle mücadelenin politika müdahalelerini, eğitim stratejilerini ve teknolojik gözetimi entegre eden çok yönlü bir yaklaşım gerektirdiği fikrinde birleşmektedir. Perspektifler farklı olsa da, hepsi de YZ ve dijital platformların evriminin işbirliği, yönetim ve disiplinler arası araştırma yoluyla ele alınması gereken önemli zorluklar ortaya çıkardığını vurgulamaktadır. Etik YZ uygulamalarının, gelişmiş okuryazarlığın ve disiplinler arası çabaların entegrasyonu, yanlış bilgilendirmenin olumsuz etkilerinin azaltılmasında ve daha doğru ve güvenilir iklim iletişiminin teşvik edilmesinde çok önemli olacaktır.

Ayrıca, yapay zekanın modern toplumdaki en yaygın etkilerinden biri, sofistike hedefleme stratejileri aracılığıyla tüketici davranışını şekillendirme yeteneğidir. YZ güdümlü algoritmalar, bireysel tercihler ve davranışlarla stratejik olarak uyumlu son derece özel reklamlar sunarak kullanıcı etkileşimini en üst düzeye çıkarmak için özel olarak tasarlanmıştır. Bu kişiselleştirilmiş reklamlar genellikle geçmiş ilgi alanlarına, satın alma alışkanlıklarına ve tarama geçmişine dayalı ürün ve hizmetleri tanıtarak aşırı tüketimi teşvik etmektedir. Bu dinamik, doğal kaynakların aşırı kullanımını derinleştirmekte ve küresel çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle temelde uyumsuz olan tüketim kalıplarını güçlendirmektedir. YZ'nin belirli kitleleri mikro hedeflemedeki hassasiyeti, daha sık ve dürtüsel satın alımlara yol açarak, gezegenin sınırlı kaynaklarının tükenmesini hızlandıran ve atık üretimini artıran ve çevresel etkisini kötüleştiren sürekli bir tüketim kültürünü teşvik etmektedir. Bu yapay zeka sistemleri, sürdürülebilirlik yerine katılıma ve kâra öncelik vererek uzun vadeli çevresel esnekliğe ulaşmada önemli bir zorluk teşkil eden sürdürülemez bir tüketim döngüsüne katkıda bulunmaktadır.

YZ'nin ikili etkisinin paradoksu, aynı anda hem inovasyonu hem de sürdürülemez uygulamaları nasıl yönlendirdiğinde yatmaktadır. YZ bir yandan operasyonel verimliliği ve kaynak yönetimini geliştirirken, diğer yandan zararlı uygulamaları kolaylaştırmaktadır. YZ'nin bu olumsuz uygulamalarının ele alınması, YZ'nin yapıcı potansiyelinin kabulü ile dengelenmelidir. Gerçekten de, YZ yanlış bilgi yayabilirken, daha önce tartışıldığı gibi, doğru iklim bilgilerini yaymak, farkındalığı artırmak ve toplulukları sürdürülebilir uygulamaları yönlendirmek için bilgi ile güçlendirmek için de kullanılabilir. Örneğin, yapay zeka odaklı modeller, iklim iletişim stratejilerini farklı kitlelerde daha etkili bir şekilde yankı uyandıracak şekilde uyarlayabilir ve temel çevresel mesajların hem etkili hem de ilgi çekici olmasını sağlayabilir. Ayrıca, rapor boyunca tartışıldığı üzere, YZ odaklı yenilikler, yenilenebilir enerji şebekelerinin optimize edilmesi, iklim araştırmalarının ilerletilmesi ve kaynak kullanımını azaltan hassas tarım çözümlerinin geliştirilmesi gibi çeşitli olumlu iklim girişimlerinin merkezinde yer almaktadır. Tekrarlamak gerekirse, YZ'nin büyük veri kümelerini işleme ve kesin tahminler üretme yeteneği, yenilenebilir kaynakların daha iyi yönetilmesini desteklemekte, afet müdahale stratejilerini geliştirmekte ve sürdürülebilir arazi ve su yönetimindeki uygulamaları iyileştirmektedir.

Bu ikilik kritik bir zorluk teşkil etmektedir: YZ gelişmeye ve daha fazla sektöre nüfuz etmeye devam ettikçe, olumlu uygulamalarını zararlı uygulamaları sürdürme potansiyeline karşı dengeleme ihtiyacı giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu dengeyi sağlamak, sürdürülebilirlik ve iklim hedefleri üzerindeki olumsuz etkilerini azaltırken YZ'nin tüm potansiyelinden yararlanmak için gereklidir. YZ uygulamalarının çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamak, düşünceli bir yönetim, sorumlu gelişim ve zarar verenleri caydırırken iklim direncini ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden uygulamaları teşvik etmek için ortak bir çaba gerektirir. Etik YZ uygulamalarını teşvik etmek ve uygun düzenlemeleri yürürlüğe koymak, toplumun hem çevresel yeniliği hem de sürdürülebilirliği teşvik etmek için YZ'nin yeteneklerinden yararlanmasını sağlayarak teknolojik ilerlemelerin geleceğe olumlu katkıda bulunmasını sağlayabilir.

3. Gelişmekte Olan Ülkelerde Azaltım ve Uyum Eylemi için Dönüştürücü İklim Çözümlerinin İlerletilmesi ve Ölçeklendirilmesi için Yapay Zekanın Teknolojik Bir Araç Olarak Kullanılmasına Yönelik Politika Seçenekleri
YZ'nin dönüştürücü iklim çözümlerini ilerletmek ve ölçeklendirmek için teknolojik bir araç olarak entegrasyonu, gelişmekte olan ülkelerde, özellikle de EAGÜ'ler ve SIDS'lerde etkili azaltım ve adaptasyon için hayati önem taşımaktadır. Temel vurgu, ilgili zorlukları ve riskleri ele alırken bu ülkelerde YZ'nin dağıtımını geliştirmek için politika seçeneklerinin ana hatlarını çizmektir.

3.1. İklim Değişikliğini Azaltma ve Uyum Stratejilerinde Yapay Zeka Uygulamalarını Teşvik Etmek

İklim azaltma: Enerji sistemlerini optimize ederek sera gazı emisyonlarını azaltmada yapay zeka kullanımını teşvik edin. Arz ve talebi dengelemeye yardımcı olmak için hava durumu modellerine dayalı yenilenebilir enerji üretimini tahmin etmek için YZ kullanımını destekleyin. Endüstriyel süreçleri izlemek ve optimize etmek, verimsizlikleri belirlemek ve üretim ve diğer endüstriyel faaliyetlerin karbon ayak izini azaltmak için gerçek zamanlı iyileştirmeler önermek için yapay zeka çözümlerini teşvik edin.

İklim adaptasyonu: Toplamların iklim etkilerine karşı direncini artırmak için yapay zekadan yararlanın. Gelişmiş iklim modellemesi ve tahmine dayalı analitik için yapay zekanın kullanılmasını destekleyin. Sel, kasırga, sıcak hava dalgası ve kuraklık gibi doğal afetleri tespit ve tahmin etmek için sensörlerden ve uydu görüntülerinden elde edilen gerçek zamanlı verileri kullanan yapay zeka odaklı erken uyarı sistemlerinin uygulanmasını teşvik edin. Ekosistemlerin ve toplulukların direncini artırmak için YZ'nin uyarlanabilir yönetim stratejilerine entegrasyonunu teşvik etmek.

Bu politika seçeneği, YZ'nin hem iklim değişikliğinin azaltılması hem de uyum için nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini özetlemekte ve iklim hedeflerine ulaşmak için YZ teknolojilerinin desteklenmesi, teşvik edilmesi ve entegrasyonuna duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

3.2. Kapsayıcı ve Sürdürülebilir Yapay Zeka Politikaları Geliştirin

Enerji verimliliği: Enerji verimli YZ teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını teşvik eden politikalar formüle edin. YZ sistemlerinin çevresel ayak izini azaltmak için yeşil bilişimdeki yenilikleri teşvik edin. Bu, enerji tasarrufu sağlayan algoritmalar ve donanım araştırmalarının teşvik edilmesini, veri merkezleri ve iletişim ağları için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin desteklenmesini ve YZ uygulamalarında enerji verimliliği için standartların belirlenmesini içerir. Geliştirmeden dağıtımına kadar çevresel etkilerini değerlendirmek için YZ sistemlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesini gerektiren politikalar uygulayın. Su kullanımını en aza indiren soğutma teknolojilerinin geliştirilmesini teşvik edin.

Veri güvenliği: Yapay zeka uygulamalarında kullanılan verilerin güvenliğini sağlayan sağlam veri koruma yasaları uygulayın. Hassas verileri korumak için siber güvenlik önlemlerini geliştirin ve veri erişimi ve yönetimi için katı protokoller uygulayın. Bu, veri toplama, depolama ve paylaşma için yönergeler oluşturmayı, yetkisiz erişim, veri ihlalleri ve bilgilerin kötüye kullanımı ile ilgili endişeleri gidermek için veri yönetim çerçevelerinin mevcut olmasını sağlamayı içerir. Politikalar ayrıca düzenli güvenlik denetimlerini ve uygunluk kontrollerini zorunlu kılmalı, şifreleme teknolojilerinin kullanımını teşvik etmeli ve veri işleme uygulamalarında şeffaflık ve hesap verebilirlik kültürünü desteklemelidir. Ayrıca, veri güvenliği sorunları hakkında kamu bilincinin artırılması, yapay zeka sistemlerine güven oluşturmak için gereklidir.

Dijital uçurum: EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde YZ teknolojilerine erişimi iyileştirmek için dijital altyapıya yatırım yapın. Bu, internet bağlantısını genişletmeyi, bilgi işlem yeteneklerini geliştirmeyi, güvenilir bir güç kaynağı sağlamayı ve temel YZ geliştirme kaynaklarını dijital kamu malları olarak kullanılabilir hale getirmeyi içerir. Elektriğe, ICT altyapısına, veri setlerine ve modellerine ve YZ becerilerine eşit erişim sağlayarak dijital uçurumu kapatmak için stratejiler geliştirin. Bu, LDC'ler ve SIDS ile ilgili YZ araştırmalarına, YZ gelişimi için kamu altyapısına, özellikle uzak ve yetersiz hizmet alan bölgelerde dijital okuryazarlık programlarına yatırım yapmayı ve YZ teknolojileri konusunda eğitim sağlamayı içerir. YZ model geliştirmede önyargı tespit ve azaltma tekniklerini dahil edin. Politikalar ayrıca YZ araçlarını ve kaynaklarını tüm toplumlar için açık erişilebilir ve uygun fiyatlı hale getirmeye odaklanmalı, böylece kapsayıcı büyüme, yenilikçilik ve kaliteyi teşvik etmelidir. YZ kullanımını yöneten etik çerçeveler geliştirmek, YZ uygulamalarının önyargılardan arınmış olmasını sağlamak, böylece YZ dağıtımında adalet ve eşitliği teşvik etmek ve yerel toplumlarla fayda paylaşımını mümkün kılmak.

3.3. Yerli Bilgi ve Toplumsal Cinsiyete Duyarlı Yaklaşımların Bütünleştirilmesi

Yerli bilgisini dahil edin: Yerli bilgi sistemlerini tanıyın ve YZ modellerine ve iklim stratejilerine entegre edin. Yerli bilgiden yararlanmak, YZ uygulamalarını yerel bağlamlar ve uygulamalarla uyumlu hale getirerek uygunluğunu ve etkinliğini artırabilir. Bu yaklaşım, yüzyıllardır süregelen bilgiye ve çevresel anlayışa saygı duymakta ve bunları kullanmakta, YZ odaklı iklim eylemini kültürel açıdan uygun içgörülerle zenginleştirmektedir.

Toplumsal cinsiyete duyarlı YZ politikaları: YZ politikalarının ve programlarının kapsayıcı olmasını ve cinsiyet eşitsizliklerini ele almasını sağlayın. Hedeflenen eğitim, öğretim programları ve kariyer fırsatları aracılığıyla kadınların YZ ile ilgili alanlara aktif katılımını teşvik edin. YZ uygulamalarının, iklim eyleminde kadınların özel ihtiyaçlarını ve katkılarını dikkate aldığından ve tüm toplum üyelerine fayda sağlayan eşitlikçi çözümleri teşvik ettiğinden emin olun.

3.4. İklim Eylemine Gençlerin Anlamlı Katılımı

Gençler, iklim değişikliğiyle mücadelede yeni bakış açıları, yenilikçi çözümler ve sürdürülebilir kalkınma için güçlü bir itici güç getirerek rol oynamaktadır. Gençlerin politik karar alma süreçlerine dahil edilmesi, kapasitelerinin geliştirilmesi ve girişimleri için sürekli destek ve finansman sağlanması, yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için elzemdir. Gençlerin iklim eylemi çabalarına anlamlı bir şekilde dahil edilmesini sağlamak için politika seçenekleri özetlenmiştir.

3.4.1. Politika Karar Alma Sürecinde Gençlik

Gençlerin temsili: Gençlerin yerel, ulusal ve uluslararası düzeylerde iklim politikası karar alma süreçlerinde temsil edilmesini sağlayın. Gençlik danışma kurulları oluşturun ve gençlik temsilcilerini hükümet ve hükümetler arası iklim organlarına dahil edin.

Gençlere danışma: İklim politikalarını geliştirirken ve uygularken gençlik örgütlerine ve ağlarına düzenli olarak danışın. Bu, kamuya açık istişareler, gençlik forumları ve gençlerin doğrudan katkısına olanak tanıyan interaktif platformlar aracılığıyla kolaylaştırılabilir.

Savunuculuk için kapasite geliştirme: Gençleri iklim eylemini etkili bir şekilde savunmaları için güçlendirmek üzere eğitim ve kaynaklar sağlayın. Bu, politika geliştirme, müzakere becerileri ve topluluk önünde konuşma üzerine atölye çalışmalarını içerir.

3.4.2. Kapasite Geliştirme ve Beceri Geliştirme

Eğitim ve öğretim programları: Gençleri yapay zeka ve iklim bilimi için gerekli becerilerle donatan eğitim girişimlerine yatırım yapın. YZ, veri bilimi ve iklim değişikliğine odaklanan kurslar, atölye çalışmaları ve mentorluk programları sunmak için eğitim kurumları, STK'lar ve uluslararası kuruluşlarla ortaklık kurun.

Dijital okuryazarlık: Dijital uçurumu kapatmak için gençler arasında dijital okuryazarlığı geliştirin. Gençlere yapay zeka araçlarını ve teknolojilerini nasıl kullanacaklarını öğreten programlar uygulayarak, yapay zeka odaklı iklim çözümlerine aktif olarak katılmalarını ve katkıda bulunmalarını sağlayın.

Girişimcilik desteği: İş geliştirme, proje yönetimi ve inovasyon konularında eğitim sağlayarak girişimcilik ruhunu teşvik edin. Yapay zeka ve iklim eylemine odaklanan gençlerin liderliğindeki girişimlerin kurulmasını teşvik edin.

3.4.3. Sürekli Destek ve Finansman

Finansman fırsatları: Yapay zeka ve iklim eyleminde gençlerin öncülük ettiği girişimler için özel fon akışları oluşturun. Buna hibeler, burslar ve girişimler için tohum finansmanı dahil olabilir. Finansman fırsatlarının genç yenilikçiler için erişilebilir ve iyi duyurulmuş olduğundan emin olun ve örneğin ortaklar aracılığıyla tohum finansmanının ötesinde daha fazla finansman aşamasına erişmek için bir yörünge ekleyin.

İnovasyon merkezleri ve kuluçka merkezleri: Genç girişimcilere yapay zeka odaklı iklim çözümlerini geliştirmek ve ölçeklendirmek için gereken kaynakları, mentorluğu ve ağ oluşturma fırsatlarını sağlayan inovasyon merkezlerinin ve kuluçka merkezlerinin geliştirilmesini destekleyin.

Kamu-özel sektör ortaklıkları: Hükümetler, özel sektör şirketleri ve uluslararası kuruluşlar arasında gençlerin öncülük ettiği projeleri ortaklaşa finanse etmek ve desteklemek için ortaklıklar kurulmasını teşvik edin. Bu ortaklıklar ek kaynak ve uzmanlık sağlayarak gençlik girişimlerinin etkisini ve sürdürülebilirliğini artırabilir.

Yapay zeka odaklı iklim eylemine gençlerin anlamlı bir şekilde dahil edilmesi sadece bir eşitlik meselesi değil, aynı zamanda sürdürülebilir ve yenilikçi iklim çözümlerine ulaşmak için stratejik bir zorunluluktur. Gençleri politikaya entegre ederek

karar verme, kapasitelerini geliştirme ve sürekli destek ve finansman sağlama yoluyla politika yapıcılar, dönüştürücü iklim eylemini yönlendirmek için gençlerin tüm potansiyelini kullanabilirler. Bu çabalar, gelecek neslin iklim değişikliğine karşı mücadeleye öncülük edecek şekilde donanımlı olmasını sağlayacak ve herkes için dirençli ve sürdürülebilir bir geleceği teşvik edecektir.

3.5. Sosyal Olarak Kapsayıcı Yapay Zeka Gelişimini Teşvik Edin

Kapsayıcı YZ geliştirme: YZ geliştirme ve dağıtım süreçlerinin, kadınlar ve yerli gruplar da dahil olmak üzere marjinalleştirilmiş toplulukların ihtiyaçlarını ve bakış açılarını dikkate alarak kapsayıcı olmasını sağlayın. Yetersiz hizmet alan bölgelerde satın alınabilirlik ve altyapı geliştirmeye odaklanarak YZ teknolojilerine eşit erişim sağlayan politikalar geliştirin. Bu yaklaşım, YZ'nin kullanımının, geliştirilmesinin, faydalarının ve yönetişiminin kapsayıcı olmasını ve tüm toplumsal kesimlere, özellikle de teknolojik ilerlemelerde genellikle geride bırakılanlara ulaşmasını sağlayarak YZ'yi demokratikleştirmeyi amaçlamaktadır.

Topluluk katılımı: Kültürel açıdan uygun ve sosyal açıdan kabul edilebilir olmalarını sağlayarak, yerel toplulukları YZ odaklı iklim çözümlerinin tasarımına ve uygulanmasına dahil edin. Marjinal grupların YZ eğitime ve dağıtımına katılımını desteklemek için hedefli programlar uygulayın. Bu, YZ çözümlerinin yalnızca etkili olmasını değil, aynı zamanda toplumun değerleri ve ihtiyaçları ile de örtüşmesini sağlayarak iklim eyleminde YZ girişimlerinin daha fazla kabul görmesini ve başarılı olmasını teşvik eder.

3.6. Uluslararası İşbirliği, Kapasite Geliştirme ve Bilgi Paylaşımının Teşvik Edilmesi

İşbirliği çerçeveleri oluşturun: Bilgi, teknoloji ve en iyi uygulamaları paylaşmak için uluslararası ortaklıklar ve işbirliği çerçeveleri geliştirin. Buna gelişmiş ülkeler, uluslararası kuruluşlar ve özel sektör paydaşları ile işbirlikleri de dahildir. Bu çerçevelerin oluşturulması, yapay zeka teknolojilerinin ve uzmanlığının transferini sağlayacak ve iklim değişikliğiyle mücadelede küresel bir çabayı teşvik edecektir.

Kapasite geliştirme programları: YZ ve iklim biliminde yerel uzmanlık oluşturmak için eğitim programları ve atölye çalışmaları uygulayın. Bu, eğitim ve öğretim sağlamak için eğitim kurumları, uluslararası kuruluşlar ve özel sektörle ortaklıklar yoluyla sağlanabilir. Hükümet yetkililerini, teknik uzmanları ve toplum liderlerini hedeflemek, iklim eyleminde YZ anlayışlarını ve uygulamalarını geliştirecek ve yerel toplulukları YZ teknolojilerinden etkili bir şekilde yararlanmaları için güçlendirecektir.

Açık veri platformları ve dijital kamu malları: Ülkelerin iklimle ilgili verileri ve yapay zeka modellerini paylaşmalarını sağlamak için açık veri platformlarının kullanımını ve veri setleri ile modellerin kaydedilmesini teşvik edin. Bu, iklim tahminlerinin doğruluğunu ve uygulanabilirliğini artıracak değerli iklim bilgilerinin şeffaf bir şekilde paylaşılmasını ve bunlara erişilmesini sağlayarak kolektif öğrenmeyi ve yeniliği kolaylaştırır. Açık veri platformları veri toplama yöntemlerini standartlaştırır, tutarlılığı sağlar, bölgesel ve küresel işbirliğini teşvik eder ve nihayetinde özel ihtiyaçlara göre uyarlanmış etkili iklim eylem stratejilerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını hızlandırır. Dijital Kamu Malları (DPG) sicili, gizlilik ve diğer geçerli yasalara ve en iyi uygulamalara uyan, zarar vermeyen ve SKH'lere ulaşılmasına yardımcı olan açık kaynaklı yazılımlar, açık veriler, açık yapay zeka modelleri, açık standartlar ve içerik sağlar. Bir DPG sicili, erişimi teşvik etmek, paylaşımı kolaylaştırmak ve bu araçların eğitim ve iklim eylemi dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde geliştirilmesini ve kullanılmasını teşvik etmek için tipik olarak bu tür kaynakları kataloglayacaktır. Bu tür bir kayıt defteri, yüksek kaliteli dijital çözümleri yaygın olarak erişilebilir hale getirerek ve dijital alanda, özellikle de yetersiz kaynaklara sahip bölgeleri veya toplulukları desteklemek için uluslararası işbirliğini teşvik ederek küresel kalkınmayı desteklemeyi amaçlamaktadır. Ülkeler, açık veri ve açık kaynaklı yapay zeka modelleri şeklinde DPG'den yararlanarak iklim tahminlerinin doğruluğunu ve uygulanabilirliğini artırabilir ve iklim etkilerine karşı genel dirençlerini geliştirebilirler.

3.7. Sağlam İzleme ve Değerlendirme Çerçevelerinin Oluşturulması

Etki değerlendirilmesi: İklim eyleminde YZ uygulamalarının etkisini ve etkinliğini değerlendirmek için izleme ve değerlendirme çerçeveleri geliştirin. Bu, performans ölçütlerinin belirlenmesini ve YZ çözümlerinin etkili ve iklim hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamak için ilerlemenin düzenli olarak gözden geçirilmesini içerir. Politika ve stratejileri sürekli olarak iyileştirmek için bu değerlendirmeleri kullanın.

Şeffaflık ve hesap verebilirlik: Verileri, metodolojileri ve bulguları paydaşlar için kamuya açık hale getirerek YZ girişimlerinde şeffaflığı sağlayın. Bu açıklık, güveni artırır ve sonuçların bağımsız olarak doğrulanmasını sağlayarak iklim eylemindeki YZ uygulamalarının şeffaf ve güvenilir olmasını sağlar. YZ projelerinin ilerlemesini izlemek, iyileştirme alanlarını belirlemek ve ortaya çıkan sorunları ele almak için mekanizmalar oluşturun. Düzenli raporlama ve geri bildirim döngüleri, hesap verebilirliği sürdürmek ve YZ güdümlü iklim çözümlerinin amaçlanan hedeflerine etkili bir şekilde ulaşmasını sağlamak için önemlidir.

7.8 Yapay Zeka Araştırma, Geliştirme ve İnovasyonuna Yatırım Yapmak ve Teşvik Etmek

Yerelleştirilmiş YZ çözümleri: Yerel bağlamlara göre uyarlanmış ve EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin karşılaştığı belirli iklim zorluklarını ele alan YZ araştırma ve geliştirme projeleri için finansmana öncelik verin. Bu bölgelere doğrudan fayda sağlayabilecek YZ araştırma ve uygulamalarında yenilikçiliği teşvik edin.

Disiplinlerarası ve uygulamalı Araştırma: Bilgisayar bilimi ve iklim biliminin kesiştiği noktada disiplinler arası uygulamalı araştırmaları teşvik edin. Hedeflenen araştırma, geliştirme ve tanıtım girişimleri yoluyla iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonunda yapay zeka uygulamalarının teknik olgunluğunu artırmak için yollar oluşturun.

Startup'lar ve inovasyon merkezleri için destek: İklim eylemi için yapay zekaya odaklanan startuplar ve inovasyon merkezleri için destekleyici ortamlar yaratın. Özel sektörde inovasyonu teşvik etmek için hibeler, vergi teşvikleri ve kuluçka desteği sağlayın.

YZ, EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde iklim eylemini dönüştürmek için muazzam bir potansiyele sahiptir. Politika yapımcılar bu politika seçeneklerini uygulayarak, iklim azaltma ve uyum stratejilerini geliştirmek, sürdürülebilir ve kapsayıcı kalkınmayı sağlamak için YZ'nin yeteneklerinden yararlanabilirler. Bu çabalar, acil iklim sorunlarını ele alacak ve gelişmekte olan ülkelerdeki savunmasız topluluklar için dirençli bir gelecek inşa edecektir.

İklim eylemi için YZ'den tam olarak yararlanmak için politika yapımcıların, araştırmacıların ve uygulayıcıların işbirliği içinde çalışması zorunludur. Politika yapımcılar, YZ'nin benimsenmesi için çerçeveler ve teşvikler oluşturabilirken, araştırmacılar etkili YZ modelleri geliştirmek için gerekli bilimsel ve teknik uzmanlığı sağlar. Uygulayıcılar, gerçek dünya senaryolarında YZ odaklı çözümlerin test edilmesinde ve uygulanmasında kilit bir rol oynamaktadır. Araştırmacıların ve uygulayıcıların politika geliştirmeye dahil edilmesi, stratejilerin bilimsel kanıtlara ve pratik fizibiliteye dayandırılmasını sağlayarak iklim çözümlerinin sürdürülebilirliğini ve sağlamlığını artırır. Bu işbirlikçi yaklaşım, bilimsel araştırma, teknolojik geliştirme ve pratik uygulamayı entegre ederek iklim değişikliği sorunlarını etkili bir şekilde ele almak için bütünsel bir strateji oluşturur. Nihayetinde, bu birleşik çabalar yapay zeka teknolojilerinin faydalarını en üst düzeye çıkarırken ilgili riskleri azaltacak ve herkes için sürdürülebilir ve dirençli bir geleceğin önünü açacaktır.

4. İklim Eyleminde Yapay Zeka İçin Kavramsal Bir Çerçeve Geleceğe Bakış

YZ'nin iklim eylem stratejilerine entegrasyonu, gelişmekte olan ülkeler için dönüştürücü bir fırsat sunmaktadır. Bu ülkeler, yapay zeka teknolojilerinden yararlanarak iklim değişikliğinin etkilerini hafifletme ve bunlara uyum sağlama kapasitelerini önemli ölçüde artırabilirler. Bu bağlamda, detaylı ve stratejik bir kavramsal çerçevenin çizilmesi önemlidir.

zamansal ufuklara, YZ evriminin temel boyutlarına, etki alanlarına, kesişen temalara, potansiyel paradigma değişimlerine, metodolojik yaklaşımlara, paydaş perspektiflerine ve belirsizlik faktörlerine odaklanarak iklim eyleminde YZ'nin gelecekteki görünümü için bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu çerçevenin politika yapıcılara, araştırmacılara, endüstri liderlerine ve sivil topluma sürdürülebilir kalkınma ve iklim direnci için yapay zekadan etkin bir şekilde yararlanmada rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

4.1. Zamansal Ufuklar

Kısa vadeli (1-3 yıl): Mevcut Yapay Zeka Uygulamaları ve Acil Gelişmeler:

- Gerçek zamanlı afet müdahalesi ve risk değerlendirmesi için yapay zeka destekli karar destek sistemlerinin dağıtımı.
- Yenilenebilir enerji şebeke yönetimini optimize etmek ve enerji verimliliğini artırmak için makine öğrenimi algoritmalarının kullanılması.
- Erken uyarı sistemleri için yapay zeka güdümlü tahmine dayalı analitiklerin uygulanması, toplumun aşırı hava olaylarına karşı hazırlıklı olma durumunun iyileştirilmesi.
- İklim tahmin doğruluğunu ve çevresel izlemeyi iyileştirmek için gelişmiş sinir ağları ve DL modellerinin entegrasyonu.

Orta vadeli (3-7 yıl): Gelişen Yapay Zeka Teknolojileri ve Potansiyel İklim Etkileri:

- Uzak ve yetersiz hizmet alan bölgelerde enerji dağıtımını ve esnekliğini artırmak için yapay zeka güdümlü akıllı şebekelerin ve mikro şebeke sistemlerinin geliştirilmesi.
- Mahsul verimini artırmak, su kullanımını optimize etmek ve çevresel etkileri azaltmak için yapay zeka destekli hassas tarım tekniklerinin benimsenmesi.
- Verimli kaynak geri kazanımı ve geri dönüşüm süreçlerini kolaylaştırmak, böylece atıkları en aza indirmek ve sürdürülebilirliği teşvik etmek için **döngüsel ekonomi uygulamalarında yapay zekanın uygulanması**.
- Karbon yakalama süreçlerini optimize etmek için **yapay zeka odaklı karbon yakalama ve depolama teknolojilerindeki ilerleme**, daha verimli depolama çözümlerine ve atmosferik CO2 seviyelerinin azaltılmasına yol açar.

Uzun vadeli (7-15 yıl): Yıkıcı Yapay Zeka Senaryoları ve Bunların İklim Stratejileri Üzerindeki Etkileri:

- Büyük ölçekli çevresel restorasyon projelerini ve karbon tutma girişimlerini yönetmek için tamamen otonom yapay zeka sistemlerinin araştırılması.
- Uluslararası iklim eylemi çabalarını koordine etmek için yapay zeka tarafından desteklenen küresel gerçek zamanlı iklim yönetim çerçevelerinin uygulanması. Politika kararlarının değer odaklı düşünceleri yansıtmasını sağlayan insan gözetimi ile iklim yönetimi için yapay zeka destekli veri şeffaflığı.
- Uzun vadeli iklim stratejilerinin uyarlanabilirliğini ve etkinliğini artırmak için yapay zeka-insan hibrit karar verme sistemlerinin geliştirilmesi.
- İklim dinamiklerini anlamak ve küresel iklim stratejileri geliştirmek için kapsamlı veriler sağlamak **üzere gezegen ölçeğinde iklim izleme için yapay zekanın gelişmiş sensör ağlarıyla entegrasyonu**.

4.2. Yapay Zeka Evriminin Temel Boyutları

Hesaplama Gücü: İşlem Kapasitelerindeki Gelişmeler:

Hesaplama gücündeki sürekli gelişmeler ve daha verimli hesaplama geliştirme ve dağıtım uygulamalarının oluşturulması, daha karmaşık iklim modellerini ve simülasyonlarını mümkün kılacaktır. Bu ilerlemeler daha iyi tahmin yetenekleri sağlayacak, karar destek sistemlerini geliştirecek ve geniş iklim verilerinin gerçek zamanlı olarak işlenmesine olanak tanıyarak iklim eylem stratejilerinin hassasiyetini ve etkinliğini artıracaktır.

Veri Mevcudiyeti ve Kalitesi: İklimle İlgili Veri Toplama ve Erişimde İyileştirmeler:

Gelişmiş uydu teknolojileri, sensör ağları ve büyük veri analitiği yüksek çözünürlüklü, gerçek zamanlı iklim verileri sağlayacaktır. Bu kaliteli veri akışı, daha doğru iklim modellemesi, zamanında müdahaleler ve bilinçli karar vermeyi kolaylaştırarak iklim eylemi ve kaynak yönetiminde proaktif önlemler alınmasını sağlayacaktır.

Algoritma Gelişmişliği: Daha Gelişmiş Yapay Zeka Modellerinin ve Tekniklerinin Geliştirilmesi:

Yapay zeka araştırmalarındaki ilerleme, büyük miktarda veriyi analiz edebilen, kalıpları tanımlayabilen ve iklim dinamikleriyle ilgili kesin tahminler yapabilen daha sofistike modellerin ve tekniklerin oluşturulmasına yol açacaktır. Bu gelişmiş algoritmalar, iklim olaylarını anlama ve tahmin etme kabiliyetini artıracak, iklim direnci ve adaptasyonunda yenilikçi çözümleri teşvik edecektir. Daha büyük modellerin çok ilerleme kaydettiği kesin olmakla birlikte, daha küçük, göreve özel modeller özellikle EAGÜ'ler ve SIDS'ler için son derece önemlidir, çünkü sınırlı kullanılabilirlik altyapısı göz önüne alındığında bunların konuşlandırılması daha gerçekçidir.

Entegrasyon ve Birlikte Çalışabilirlik: Farklı Alanlarda Sorunsuz Çalışan Yapay Zeka Sistemleri:

Birlikte çalışabilir YZ sistemlerinin geliştirilmesi, enerji, tarım, su yönetimi ve kentsel planlama gibi çeşitli sektörler arasında sorunsuz entegrasyon sağlayacaktır. Bu entegrasyon, YZ sistemlerinin iletişim kurabilmesini ve uyumlu bir şekilde çalışabilmesini sağlayarak genel iklim direncini artıracak ve daha koordineli ve verimli iklim eylem çabalarına yol açacaktır.

Otonom Karar Alma: İklimle İlgili Süreçlerde Yapay Zeka Özerkliğinin Artırılması:

Yapay zekanın otonom karar verme yeteneklerindeki büyüme, insan müdahalesini azaltacak, süreçleri kolaylaştıracak ve iklim eylem girişimlerinin verimliliğini artıracaktır. Otonom sistemler verileri hızlı bir şekilde analiz edebilecek, kararlar alabilecek ve eylemler gerçekleştirebilecek, böylece iklim sorunlarına daha hızlı ve daha etkili yanıtlar verilebilecektir.

4.3. Etki Alanları

Bilimsel Anlayış: İklim Biliminin İlerlemesinde Yapay Zekanın Rolü:

Yapay zeka, veri analizi için güçlü araçlar sağlayarak iklim araştırmalarını geliştirecek, bilim insanlarının yeni içgörüler ortaya çıkarmasına ve iklim değişikliği mekanizmalarına ilişkin anlayışımızı geliştirmesine olanak tanıyacaktır. Bu gelişmiş anlayış, daha doğru iklim modellerinin geliştirilmesini, iklim olaylarının daha iyi tahmin edilmesini ve azaltma ve adaptasyon için bilinçli stratejilerin geliştirilmesini kolaylaştıracaktır.

Teknolojik Çözümler: Temiz ve Uyarlanabilir Teknolojilerde Yapay Zeka Güdümlü Yenilikler:

Yapay zeka, yenilenebilir enerji sistemleri, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve iklime dirençli altyapı gibi temiz teknolojilerde inovasyonu teşvik edecektir. Bu yenilikler, kaynak kullanımını optimize ederek, emisyonları azaltarak ve kritik sistemlerin ve toplulukların iklim etkilerine karşı direncini artırarak çevresel sürdürülebilirliği teşvik edecektir.

Politika ve Yönetişim: Yapay Zekanın İklim Politikalarının Oluşturulması ve Uygulanması Üzerindeki Etkisi:

Yapay zeka araçları, veri odaklı, kanıta dayalı iklim politikalarının geliştirilmesini destekleyecek, etkinliklerini artıracak ve yerel, ulusal ve uluslararası düzeylerde uygulamalarını kolaylaştıracaktır. YZ, politika yapıcılara değerli içgörüler, öngörücü modeller ve karar destek sistemleri sağlayarak daha stratejik ve etkili iklim yönetişimini mümkün kılabilir.

Ekonomik Sistemler: Yapay Zekanın Sürdürülebilir Ekonomik Modeller ve Uygulamalar Üzerindeki Etkisi:

YZ, kaynak kullanımını optimize edecek, endüstriyel verimliliği artıracak ve döngüsel ve düşük karbonlu ekonomilere geçişi destekleyecektir. YZ, üretkenliği artırarak ve atıkları azaltarak sürdürülebilir ekonomik büyümeyi teşvik edebilir ve ekonomik faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale getirilmesine yardımcı olabilir.

Sosyal Dinamikler: Yapay Zekanın Bireysel ve Toplumsal İklim Eylemi Üzerindeki Etkisi:

Yapay zeka, erişilebilir bilgi sağlayarak, iklim girişimlerine katılımı teşvik ederek ve kişiselleştirilmiş öneriler ve eğitim yoluyla sürdürülebilir davranışları teşvik ederek bireyleri ve toplulukları güçlendirecektir. Bu güçlendirme, tabandan iklim eylemini teşvik edecek ve toplumun iklim etkilerine karşı direncini artıracaktır.

4.4. Kesişen Temalar

Etik ve Eşitlik: İklim Eyleminde Adil ve Sorumlu Yapay Zeka Geliştirme ve Kullanımının Sağlanması:

Etik hususları ele almak, şeffaflığı teşvik etmek ve YZ geliştirme kaynaklarına ve teknolojilerine eşit erişim sağlamak, sosyal eşitsizlikleri şiddetlendirmekten kaçınmak ve tüm topluluklar için YZ'nin faydalarını en üst düzeye çıkarmak için kritik öneme sahip olacaktır. Etik yönergeler ve çerçeveler geliştirmek, iklim eyleminde sorumlu YZ geliştirme ve dağıtımını sağlayacaktır.

Kapasite ve Erişim: İklim Kapasitelerindeki Yapay Zeka Uçurumunun Ele Alınması:

YZ kaynaklarına ve yeteneklerine erişimdeki boşluğu kapatmak ve politika oluşturma, kapasite geliştirme girişimleri, bilgi transferi ve YZ kaynaklarına eşit erişim yoluyla gelişmiş ve gelişmekte olan bölgeler arasındaki pazar dengesizliklerini ele almak, kapsayıcı iklim eylemi için gerekli olacaktır. Eğitim, altyapı, veri setleri ve modellere yapılan yatırımlar ve uluslararası işbirliği, küresel olarak YZ yeteneklerini geliştirmek için gerekli olacaktır.

Enerji-YZ Bağlantısı: YZ'nin Enerji Tüketimi ile İklim Faydalarının Dengelenmesi:

Enerji tasarruflu YZ teknolojileri ve uygulamaları geliştirmek, YZ'nin çevresel ayak izini en aza indirmek ve iklim eylemi üzerindeki olumlu etkilerini en üst düzeye çıkarmak için gerekli olacaktır. Yeşil bilgi işlem ve sürdürülebilir YZ uygulamalarındaki yenilikler, YZ'nin enerji taleplerini iklim direncine katkılarıyla dengelemeye yardımcı olacaktır.

İnsan-YZ İşbirliği: İnsan Uzmanlar ve Yapay Zeka Sistemleri Arasında Gelişen İlişkiler:

İnsan uzmanlar ve yapay zeka sistemleri arasında etkili işbirliğini teşvik etmek, iklim eyleminde karar verme, yaratıcılık ve problem çözme geliştirecektir. Bu sinerji, insan sezgisi ve yapay zeka hassasiyetinin güçlü yönlerini birleştirerek daha sağlam ve uyarlanabilir iklim stratejilerine yol açacaktır.

Dayanıklılık ve Uyarlanabilirlik: İklim Direncinin Artırılmasında Yapay Zekanın Rolü:

Yapay zeka, adaptif stratejilerin geliştirilmesinde, afet müdahalesinin iyileştirilmesinde ve toplulukların ve ekosistemlerin iklim etkilerine karşı direncinin artırılmasında önemli bir rol oynayacaktır. Yapay zeka, gerçek zamanlı veriler, tahmine dayalı içgörüler ve otonom müdahale yetenekleri sağlayarak iklim direncini önemli ölçüde güçlendirebilir.

4.5. Potansiyel Paradigma Değişimleri***Yapay Zeka Odaklı Yeryüzü Sistemleri Yönetimi: Yeryüzü Sistemlerini Yönetmek için İleri Yaklaşımlar:***

Dünya'nın doğal süreçlerini ve kaynaklarını küresel ölçekte yönetebilen ve optimize edebilen, çevresel sürdürülebilirliği ve dayanıklılığı artıran yapay zeka güdümlü sistemler tasarlamak. Bu sistemler, temel çevresel parametreleri otonom olarak izleyip düzenleyerek küresel ekosistemlerin uzun vadeli sağlığını ve istikrarını sağlayabilir.

Küresel Gerçek Zamanlı İklim Yönetişimi: Gerçek Zamanlı, Yapay Zeka Destekli Küresel İklim Yönetişimi:

İklim olaylarına hızlı ve koordineli küresel müdahaleler sağlamak için yapay zeka tarafından desteklenen gerçek zamanlı iklim izleme ve yönetim sistemlerinin uygulanması. Bu tür sistemler uluslararası işbirliğini kolaylaştırabilir, iklim anlaşmalarına uyulmasını sağlayabilir ve iklim acil durumlarında kaynakları hızla harekete geçirebilir.

Yapay Zeka-İnsan Hibrit İklim Karar Verme: Sinerjik Karar Verme Çerçeveleri:

İklim stratejilerinin etkinliğini ve uyarlanabilirliğini artırmak için insan muhakemesini yapay zeka içgörülerıyla birleştiren hibrit karar verme çerçevelerinin geliştirilmesi. Bu yaklaşım, karmaşık iklim sorunlarını ele almak için hem insan uzmanlığının hem de yapay zekanın analitik gücünün güçlü yanlarından yararlanmaktadır.

Otonom İklim-Pozitif Sistemler: Kendi Kendini Düzenleyen, İklim Yararına Teknolojiler:

Bağımsız olarak çalışmak ve karbon-nötr endüstriyel süreçler ve kendi kendini idame ettiren ekosistemler gibi iklim hedeflerine olumlu katkıda bulunmak üzere tasarlanmış otonom sistemlerin inovasyonu. Bu teknolojiler, çevresel etkiyi en aza indirmek ve iklim direncini desteklemek için operasyonlarını sürekli olarak optimize edecektir.

4.6. Metodolojik Yaklaşımlar

Senaryo Planlama: Makul Gelecek Anlatıları Geliştirmek:

Yapay zeka ve iklim eyleminde gelecekteki potansiyel gelişmeleri keşfetmek için ayrıntılı senaryolar oluşturmak, paydaşların çeşitli sonuçları tahmin etmelerine ve hazırlanmalarına yardımcı olmak. Senaryo planlaması, farklı yolların ve bunların iklim direnci üzerindeki etkilerinin incelenmesine olanak tanır.

Trend Analizi: Mevcut Yapay Zeka ve İklim Eğilimlerinin Belirlenmesi ve Ekstrapolasyonu:

Gelecekteki gelişmeleri öngörmek ve stratejik planlamayı bilgilendirmek için yapay zeka ve iklim verilerindeki mevcut eğilimleri analiz etmek. Bu yaklaşım, teknolojik ilerlemelerin yörüngesini ve iklim eylemi üzerindeki potansiyel etkilerini anlamaya yardımcı olur.

Uzman Görüşü Alma: Yapay Zeka ve İklim Uzmanlarından İçgörü Toplama:

Farklı bakış açılarını bir araya getirmek ve sağlam ve kapsamlı iklim stratejilerinin geliştirilmesini sağlamak için yapay zeka ve iklim bilimi uzmanlarıyla etkileşim kurmak. Uzmanlardan bilgi alınması, stratejilerin en son bilimsel ve teknolojik bilgilere dayandırılmasını sağlar.

Backcasting: İstenen Gelecek Durumlardan Geriye Doğru Çalışma:

Uzun vadeli iklim hedeflerini tanımlamak ve bu hedeflere ulaşmak için gereken adımları belirlemek için geriye doğru çalışmak, yapay zekayı kilit bir bileşen olarak entegre etmek. Geriye dönük tahmin, iklim esnekliği ve sürdürülebilirliği elde etmek için eyleme geçirilebilir yol haritaları oluşturulmasına yardımcı olur.

Sistem Dinamiği Modellemesi: Yapay Zeka ve İklim Sistemleri Arasındaki Karmaşık Etkileşimlerin Haritalanması:

YZ teknolojileri ve iklim sistemleri arasındaki karmaşık etkileşimleri anlamak için sistem dinamikleri modellemesini kullanmak, potansiyel geri bildirim döngüleri ve sistem davranışları hakkında içgörü sağlamak. Bu yaklaşım, YZ güdümlü iklim stratejilerindeki kaldırıcı noktalarının ve potansiyel risklerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

4.7. Paydaş Perspektifleri

Politika Yapıcılar: Yönetişim ve Uluslararası İşbirliği için Çıkarımlar:

Yapay zekanın küresel iklim eylemini geliştirmek için iklim politikası geliştirmeyi, uluslararası işbirliğini ve yönetim çerçevelerini nasıl destekleyebileceğini araştırmak. Politika yapııcıların, iklim politikalarını bilgilendirmek ve iyileştirmek için YZ'nin potansiyelini anlamaları gerekmektedir. EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin politika oluşturmaya dahil edilmesi, uygulandıkları yetki alanlarının bakış açısını temsil eden kapsayıcı politika geliştirmeyi teşvik etmek için kritik öneme sahiptir.

Araştırmacılar: Gelecekteki Araştırma Öncelikleri ve Disiplinlerarası İhtiyaçlar:

İklim bilimi ve eyleminde YZ uygulamalarını ilerletmek için temel araştırma önceliklerini belirlemek ve disiplinler arası işbirliğini teşvik etmek. Araştırmacılar, yenilikçi YZ çözümlerinin geliştirilmesinde ve bunların iklim direnci üzerindeki etkilerinin anlaşılmasında rol oynamaktadır.

Endüstri: Yapay Zeka-İklim Çözümlerinde İş Fırsatları ve Zorluklar

Yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında işletmeler için fırsatların ve zorlukların değerlendirilmesi ve inovasyon ve yatırım için potansiyel alanların belirlenmesi. Sektörler, süreçleri optimize etmek, maliyetleri düşürmek ve iklim çözümleri için uygulanabilecek sürdürülebilir şekilde inşa edilmiş teknolojiler alanında yeni pazar fırsatları geliştirmek için yapay zekadan yararlanabilir.

Sivil Toplum: Toplumsal Etkiler ve Etik Hususlar:

Etik hususlar, toplum katılımı ve kapsayıcı ve eşitlikçi iklim çözümlerinin teşvik edilmesi dahil olmak üzere iklim eyleminde YZ'nin sosyal etkilerinin değerlendirilmesi. Sivil toplum kuruluşları, sorumlu YZ kullanımının savunulmasına ve faydaların adil bir şekilde paylaşılmasının sağlanmasına katkıda bulunabilir.

Uluslararası Kuruluşlar: Küresel Koordinasyon ve Kapasite Geliştirme İhtiyaçları:

İklim eylemi için küresel koordinasyonu, kapasite geliştirmeyi ve YZ teknolojilerinin yaygınlaştırılmasını kolaylaştırmada uluslararası kuruluşların rolünün vurgulanması. Bu kuruluşlar, gelişmekte olan ülkelerdeki YZ projeleri için sınır ötesi girişimler, bilgi paylaşımı ve finansman için kritik destek sağlayabilir.

4.8. Belirsizlik Faktörleri**Teknolojik Atılımlar: Yapay Zeka Yeteneklerinde Öngörülemez Gelişmeler:**

İklim eyleminde yapay zeka uygulamalarının manzarasını önemli ölçüde değiştirebilecek öngörülemez teknolojik atılımların potansiyelini kabul etmek. Bu tür atılımlar ya ilerlemeyi hızlandırabilir ya da uyarlanabilir ve esnek stratejiler gerektiren yeni zorluklar ortaya çıkarabilir.

Jeopolitik Dinamikler: Yapay Zeka ve İklim İşbirliğini Etkileyen Uluslararası İlişkilerdeki Değişimler:

Jeopolitik dinamiklerin uluslararası işbirliği ve iklim eylemi için yapay zeka teknolojilerinin kullanılması üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi. Siyasi değişiklikler ve uluslararası gerilimler kaynak akışını, işbirliği fırsatlarını ve küresel iklim girişimlerinin uygulanmasını etkileyebilir.

Sosyoekonomik Değişimler: Yapay Zeka ve İklim Değişikliğine Yönelik Gelişen Toplumsal Tutumlar:

Politika ve benimseme oranlarını etkileyebilecek YZ ve iklim değişikliğine yönelik kamu algısı ve toplumsal tutumlardaki değişikliklerin izlenmesi. YZ odaklı iklim girişimleri için kamuoyu kabulü ve desteği, bunların başarılı bir şekilde uygulanmasının anahtarıdır.

Çevresel Devrilme Noktaları: Öngörülemez İklim Sistemi Davranışları:

Gerekli iklim eyleminin aciliyetini ve niteliğini büyük ölçüde değiştirebilecek çevresel devrilme noktalarına ulaşma olasılığının hesaba katılması. İklim sistemlerindeki ani değişimlerin ekosistemler ve insan toplumları üzerinde derin etkileri olabilir, bu da hızlı ve etkili yapay zeka müdahaleleri gerektirir.

Düzenleyici Manzaralar: Yapay Zeka ve İklimle İlgili Yasa ve Politikaların Evrimi:

YZ ve iklim eylemini yöneten düzenleyici çerçevelerdeki değişiklikleri takip etmek, yeni politikalara uyum ve uyarlanabilirlik sağlamak. YZ ve iklim teknolojileri geliştikçe, güvenli, etik ve etkili olmalarını sağlamak için kullanımlarını düzenleyen yasa ve yönetmelikler de değişmelidir.

Sunulan kavramsal çerçeve, YZ'nin gelişmekte olan ülkelerdeki iklim eylemi çabalarına entegre edilmesi için stratejik bir yol haritası sunmaktadır. Çeşitli zamansal ufukları, YZ evriminin temel boyutlarını, etki alanlarını, kesişen temaları, potansiyel paradigma değişimlerini, metodolojik yaklaşımları, paydaş perspektiflerini ve belirsizlik faktörlerini ele alan bu çerçeve, paydaşların YZ ve iklim eylemi arasındaki karmaşık etkileşimde gezinmeleri için kapsamlı bir rehber sunmaktadır. Bu stratejilerin benimsenmesi, iklim direncini artırmada, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmede ve küresel iklim hedeflerine ulaşmada YZ'nin tüm potansiyelinden yararlanmak için çok önemli olacaktır.

5. Sonuçlar ve Öneriler

YZ, özellikle EAGÜ'ler ve SIDS'lere vurgu yaparak, gelişmekte olan ülkelerde azaltım ve uyum eylemi için dönüştürücü iklim çözümlerini ilerletmek ve ölçeklendirmek için güçlü bir teknolojik araç olarak ortaya çıkmıştır. Rapor, hem iklim eyleminin etkinliğini ve verimliliğini artırmada yapay zekanın önemli rolünü hem de etkili ve kapsayıcı bir uygulama sağlamak için ele alınması ve üstesinden gelinmesi gereken ilgili zorlukları ve riskleri tanımlamaktadır. Veriye dayalı içgörüler, tahmine dayalı analitik, akıllı karar verme ve yenilikçi çözümler yoluyla hem iklim azaltıma hem de uyum stratejilerini ilerletmek için yapay zekanın yenilikçi potansiyelinin altını çizmektedir. Muazzam fırsatlarına rağmen, iklim eylemi için YZ, yoğun enerji ve su tüketimi, veri güvenliği endişeleri, dijital uçurum ve cinsiyet önyargısı gibi kritik zorluklarla karşı karşıyadır.

5.1. Temel Bulguların Özeti

Temel bulgular ve içgörüler, yapay zekanın iklim eylemi için kritik olan çeşitli alanların geliştirilmesindeki rolünü vurgulamaktadır. Yapay zekanın katkıda bulunabileceği temel alanlar arasında iklim izleme ve veri toplamanın iyileştirilmesi, iklim modelleme ve tahminlerinin geliştirilmesi, çevresel izlemenin ilerletilmesi, kaynak yönetiminin optimize edilmesi, enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının düzene sokulması, afet riskinin azaltılmasının desteklenmesi ve eğitim ve toplum katılımının teşvik edilmesi yer almaktadır. Bu bulgular, yapay zeka odaklı çözümlerin iklim verileri analizinin doğruluğunu ve verimliliğini nasıl önemli ölçüde artırabileceğini, kaynak tahsisini nasıl optimize edebileceğini, aşırı hava olaylarını nasıl tahmin edebileceğini ve sektörler arasında sürdürülebilir uygulamaları nasıl teşvik edebileceğini göstermektedir. YZ'nin iklim eylem stratejilerini dönüştürme potansiyeli, gelişmiş teknolojilerin gelişmekte olan ülkelerin, özellikle de EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin özel kapasitelerine ve ihtiyaçlarına göre uyarlanmasının önemini vurgulamaktadır. Ölçeklenebilir, uygun maliyetli çözümlere odaklanarak, yerel kapasite geliştirmeyi teşvik ederek ve YZ uygulamalarının bölgesel bağlamlarla uyumlu olmasını sağlayarak, YZ bu hassas bölgelerde dayanıklılık oluşturmak ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için kritik bir araç olarak daha iyi hizmet edebilir.

Gelişmiş yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları, deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı dönüşümleri, ormansızlaşma, orman bozulması, kirlilik kaynakları, biyolojik çeşitlilik ve incelikli arazi kullanımı değişikliklerinin tespitini ve izlenmesini önemli ölçüde geliştirmektedir. Yapay zeka ayrıca CO₂ ve metan emisyonlarının izlenmesine yardımcı olarak iklim eylemi için kritik veriler sağlar. Ayrıca, gerçek zamanlı iklim verilerinin elde edilmesi için IoT sensörlerinin stratejik olarak kullanılması ve yapay zeka destekli veri analizi, erken uyarı sistemlerini güçlendirerek iklimle ilgili riskleri azaltmak için sürekli izleme ve zamanında uyarılar sağlar.

Yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları, iklim değişikliğinin yerel ekosistemler üzerindeki etkilerini değerlendirirken aşırı hava olayları ve felaket senaryolarının tahminine hassasiyet ve doğruluk getirir. Bu öngörü yeteneği aşağıdakileri destekler

riskleri azaltmak ve dayanıklılığı artırmak için uyarlanabilir stratejilerin geliştirilmesi. Ayrıca yapay zeka, iklim senaryosu simülasyonları aracılığıyla potansiyel uyum stratejilerini değerlendirerek karar vericilere eyleme geçirilebilir içgörüler sağlar ve iklim eylemine katkıda bulunur.

Kaynak yönetiminde, AI ve ML balık stoklarını takip ederek, deniz koruma alanlarını koruyarak, yasadışı balıkçılıkla mücadele ederek ve sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarını hayata geçirerek balıkçılık yönetimi ve deniz yaşamının korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çabalar, deniz kaynaklarının sürdürülebilirliğine ve korunmasına katkıda bulunur. Tarım yönetiminde YZ, mahsul verimini ve sürdürülebilirliği artırmak için değişen iklim koşullarında gezinmek, sulama, gübreleme ve hasare kontrolünü optimize etmek için veriye dayalı içgörüler ve uyarlanabilir stratejiler sağlar. YZ ayrıca tarım, gıda ve su gibi çeşitli doğal kaynakların yönetimini optimize ederek verimli ve sürdürülebilir kullanım sağlar.

Yapay zeka ve makine öğrenimi, enerji üretimi, dağıtımı, iletimi ve tüketiminin verimliliğini artırır ve optimize ederek daha sürdürülebilir ve güvenilir enerji sistemlerine yol açar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli kullanımını ve dağıtımını teşvik ederek düşük karbonlu ekonomilere geçişi kolaylaştırır ve sera gazı emisyonlarını azaltır.

Ulaşım sektöründe yapay zeka ve makine öğrenimi, rota planlamasını optimize ederek, yakıt tüketimini azaltarak ve lojistikteki gecikmeleri en aza indirerek ulaşım sistemlerinin verimliliğini artırır. Bu da daha az emisyonla daha sürdürülebilir ulaşım çözümlerine yol açar. Özellikle, YZ ve makine öğrenimi lojistik ve tedarik zinciri yönetimini geliştirerek yük taşımacılığını yönetir, bu da gelişmiş operasyonel verimlilik, maliyet tasarrufu ve daha az çevresel etki ile sonuçlanır.

Endüstri üretimi ve imalat, yapay zeka ve makine öğrenimi, uzaktan manipülasyon ve gerçek zamanlı yanıt verebilirlik sağlayarak üretim süreçlerinde esnekliği ve dayanıklılığı artırır. Yapay zeka güdümlü kestirimci bakım, arıza süresini en aza indirir ve makinelerin ömrünü uzatır. Yapay zeka ve makine öğrenimi yoluyla süreç optimizasyonu operasyonel verimliliği artırır, israfı azaltır ve kaynak yönetimini iyileştirir. Yapay zeka ve makine öğrenimi, fabrika ve tedarik ağlarındaki gerçek zamanlı değişikliklere uyum sağlayan entegre ve işbirliğine dayalı üretim sistemlerini destekler. Ayrıca, yapay zeka odaklı lojistik ve tedarik zinciri yönetimi, envanter seviyelerini optimize eder ve operasyonları kolaylaştırarak verimliliği artırır.

YZ ve makine öğrenimi, tahliye planlaması için tahmine dayalı analitik sağlayarak ve afetler sırasında müdahale çabalarını koordine ederek afet riskinin azaltılmasını destekler, böylece toplumun direncini artırır ve iklimle ilgili olayların sosyo-ekonomik etkilerini en aza indirir. Ayrıca, yapay zeka ve makine öğrenimi hasar tespitine yardımcı olur ve kurtarma çabalarına öncelik vererek verimli yeniden inşaa süreçleri ve kaynak tahsisi sağlar.

Yapay zeka destekli araçlar, toplulukların iklim eylemi konusunda eğitilmesine ve sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesine, erişilebilir bilgi sağlanmasına ve sürdürülebilirlik kültürünün geliştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Dahası, YZ yerel bilgiyi yerel modellere dahil eder ve yerel toplulukları iklim eylemine dahil ederek iklim stratejilerinin kültürel olarak uygun ve sosyal olarak kabul edilebilir olmasını sağlar.

Bu bulgular, YZ'nin iklim değişikliği etkilerinin izlenmesi, tahmin edilmesi, yönetilmesi ve hafifletilmesindeki temel rolünü ortaya koymakta, EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen değerli içgörüler ve teknolojik yenilikler sunmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, YZ yeteneklerinden yararlanarak iklim değişikliğine karşı dayanıklılıklarını artırabilir ve sürdürülebilir kalkınma uygulamalarını teşvik edebilirler.

SIDS ve LDC'ler için YZ, en yeni teknolojileri benimseyerek geleneksel kalkınma engellerini aşmak için eşsiz bir fırsat sunmaktadır. Bu bölgelerden birçok vaka çalışmasının bu rapora dahil edilmesi - pratik uygulamalar şeklinde ve araştırma çalışmalarının bir parçası olarak - bu bölgelerin küresel iklim eylemi anlatısında oynadığı kritik rolü vurgulamaktadır. Bu vaka çalışmaları, bu hassas bölgelerin karşılaştığı benzersiz çevresel zorlukları ele almak için yapay zeka güdümlü teknolojilerin nasıl kullanıldığını göstermektedir. Rapor, EAGÜ'lere ve SIDS'lere odaklanarak, YZ'nin iklim değişikliğinden en fazla etkilenen bölgelerde dayanıklılığı ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etme potansiyelini vurgulamaktadır. Raporda ayrıca, gelişmekte olan ülkelerin benimseyebileceği dersler ve en iyi uygulamalar çıkarmak için gelişmiş ülkelere vaka çalışmaları da yer almaktadır. Bununla birlikte, YZ'nin başarılı bir şekilde entegrasyonu, kapasite geliştirme, altyapı geliştirme ve kapsayıcı politika çerçeveleri açısından hedeflenen desteği gerektirmektedir.

Ayrıca, CTCN tarafından yürütülen girişimler, bu bölgelerde teknoloji transferinin ve kapasite geliştiriminin kolaylaştırılmasında etkili olmuş ve iklim değişikliğine uyum sağlamalarına ve etkilerini azaltmalarına yardımcı olmuştur. Bunlara ek olarak, Adaptasyon Fonu, Yeşil İklim Fonu (GCF), Küresel Çevre Fonu (GEF) ve Çok Taraflı Kalkınma Bankaları (MDB'ler), EAGÜ'lere ve SIDS'lere iklim direncini güçlendirmek için önemli miktarda mali ve teknik yardım sağlamıştır. Bu girişimler, yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin erişilebilir olmasını ve hassas bölgelerin kapasiteleri ve ihtiyaçları ile uyumlu olmasını sağlamak için hem ulusal hem de uluslararası düzeyde ihtiyaç duyulan işbirlikçi çabayı göstermektedir. Politika yapıcılar, bu mekanizmalardan yararlanarak iklim eylem stratejilerini EAGÜ'lerin ve SIDS'lerin karşılaştığı özel zorluklara daha iyi uyarlayabilir ve daha kapsayıcı ve eşitlikçi bir iklim direnci sağlayabilir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği (2023a) raporuna göre, İcra Sekreteri Simon Stiell'in "iklim eyleminin en büyük destekçisi" olarak vurguladığı iklim finansmanı, COP28'de ana odak noktasıydı. Yeşil İklim Fonu (GCF), altı ülkenin ek kaynak taahhüdünde bulunmasıyla önemli bir destek aldı ve ikinci yenileme için toplam 31 ülkeden 12.8 milyar ABD doları tutarında rekor bir katkı sağlandı ve daha fazla katkı bekleniyor. Ayrıca, sekiz donör hükümet LDCF ve Özel İklim Değişikliği Fonu'na (SCCF) 174 milyon ABD Dolarının üzerinde taahhütte bulunurken, Uyum Fonu konferans sırasında yaklaşık 188 milyon ABD Doları tutarında yeni taahhütte bulundu. Bu olumlu adımlara rağmen, küresel envanter, bu taahhütlerin temiz enerji geçişlerini, iklim adaptasyonunu ve gelişmekte olan ülkelere ulusal iklim planlarının uygulanmasını desteklemek için gereken trilyonların çok gerisinde kaldığını vurgulamıştır. Bu açığın giderilmesi için küresel değerlendirme, çok taraflı mali mimaride reformlar yapılması ve yenilikçi finansman mekanizmalarının hızlandırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Bununla birlikte, bu bölgelerde YZ'nin konuşlandırılması da önemli zorluklar ve riskler ortaya koymaktadır. Bunlar arasında yüksek enerji ve su tüketimi, veri güvenliği ve gizliliği ile ilgili endişeler, dijital uçurum ve YZ uygulamalarında cinsiyet önyargısı yer almaktadır. Bu zorlukların ele alınması, YZ'nin faydalarının eşit bir şekilde dağıtılmasını ve YZ teknolojilerinin uygulanmasının mevcut eşitsizlikleri daha da kötüleştirmemesini veya yenilerini yaratmamasını sağlamak için önemlidir. Bu zorluklar, YZ negatiflerinin en aza indirilmesini ve YZ pozitiflerinin en üst düzeye çıkarılmasını sağlamak için sağlam yönetim çerçeveleri, etik yönergeler ve kapsayıcı politika önlemleri yoluyla ele alınmalıdır.

5.2. Uygulanabilir Öneriler

Burada sunulan öneriler, gelişmekte olan ülkelere iklim eyleminde YZ'nin dönüştürücü veya destekleyici rolünden yararlanmada politika yapıcılara, araştırmacılara ve uygulayıcılara rehberlik etmek üzere tasarlanmıştır. Bu eyleme geçirilebilir öneriler, uluslararası işbirliğini teşvik etmeye, kapsayıcı ve etik YZ gelişimini desteklemeye ve sürdürülebilir ve dirençli iklim çözümlerini ilerletmek için bu rapor boyunca belirlenen belirli zorlukları ve fırsatları ele almaya odaklanmaktadır.

9.2.1 Gelişmekte Olan Ülkelerde İklim Değişikliğini Azaltma ve Uyum Stratejilerine Yapay Zekanın Entegre Edilmesi

İklim Değişikliği Azaltım ve Adaptasyon Stratejilerinde Yapay Zeka Uygulamalarının

Teşvik Edilmesi Tavsiye:

- Destekleyici politikalar, yerel eğitim programları ve yapay zeka teknolojilerinin ulusal ve bölgesel iklim stratejilerine entegrasyonu yoluyla sera gazı emisyonlarının azaltılmasında ve iklim etkilerine karşı direncin artırılmasında etkili bir şekilde kullanılması için yapay zekanın kullanımının teşvik edilmesi ve paydaşların yapay zeka hakkında bilgi ve kaynaklarla donatılması.

Uygulama Adımları:

1. Veri Toplama ve Hazırlama:

- Mevcut enerji sistemleri, yenilenebilir enerji potansiyelleri ve endüstriyel süreçler hakkında veri toplayın.
- Toplum direnciyle ilgili iklim etkisi verilerini toplayın.

2. Model/Araç Geliştirme:

- Enerji sistemlerini optimize etmek ve yenilenebilir enerjiyi entegre etmek için yapay zeka modelleri geliştirmek.
- Erken uyarı sistemleri ve uyarlanabilir yönetim için tahmine dayalı analitik araçlar oluşturun.

3. Kullanıcı Arayüzü Tasarımı:

- Yerel kullanıcılar için yapay zeka araçlarına ve tahmine dayalı analitiklere kolay erişim sağlayan arayüzler tasarlayın.
- Gerçek zamanlı izleme ve karar verme için etkileşimli gösterge panoları uygulayın.

4. Özellik Entegrasyonu:

- Yapay zeka uygulamalarının önceliklendirilmesi için çok kriterli karar analizinin (MCDA) entegre edilmesi.
- Kapsamlı raporlar ve görselleştirmeler oluşturmak için özellikler ekleyin.

5. Paydaş Katılımı:

- Yerel toplulukları ve paydaşları kalkınma sürecine dahil edin.
- İklim eylemi için yapay zeka konusunda yerel uzmanlık oluşturmak üzere eğitim programları ve atölye çalışmaları sağlayın.

6. Test ve İyileştirme:

- Yapay zeka uygulamalarını gerçek dünya senaryolarında test etmek için pilot projeler yürütmek.
- Kullanıcılardan geri bildirim toplayın ve girdilerine göre araçları iyileştirin.

7. Sürekli İzleme ve Değerlendirme:

- YZ uygulamasının amaçlanan ve amaçlanmayan sonuçlarını sürekli olarak ölçün ve gerektiğinde ayarlamalar yapın.

Örnek Kullanım Vakası: Bir LDC'deki bir kıyı topluluğu, sel tahmini ve uyarlanabilir yönetim uygulamaları için erken uyarı sistemleri geliştirmek üzere yapay zekayı kullanmaktadır. YZ sistemi, sel olaylarını tahmin etmek için hava durumu sensörlerinden ve uydu görüntülerinden gelen gerçek zamanlı verileri analiz ederek, bölge sakinlerine ve yerel yetkililere zamanında uyarılar sağlar. Bu, topluluğun tahliyeler ve sel savunmalarının güçlendirilmesi gibi proaktif önlemler almasını sağlayarak sellerin etkisini azaltmakta ve iklim değişikliğine karşı dayanıklılığı artırmaktadır.

Uluslararası İşbirliği, Altyapı Yatırımları, Kapasite Geliştirme ve Bilgi Paylaşımının Teşvik Edilmesi

Öneri:

- Küresel ortaklıkları teşvik etmek ve yerel paydaşların iklim stratejileri için yapay zekayı kullanma becerilerini ve yeteneklerini geliştirmek için kapasite geliştirme programları geliştirmek.

Uygulama Adımları:

1. Küresel Ortaklıklar:
 - Uluslararası kuruluşlar, gelişmiş ülkeler ve özel sektör paydaşları ile ortaklıklar kurmak.
2. Kapasite Geliştirme Programları:
 - EAGÜ'ler ve SIDS'lerdeki yerel paydaşlar için özel eğitim programları geliştirmek.
 - İklim eylemi için yapay zeka uygulamaları üzerine çalıştaylar ve seminerler düzenleyin.
3. Finansman Mekanizmaları:
 - Yapay zeka araştırma ve geliştirmesini desteklemek için uluslararası fon mekanizmaları oluşturmak.
 - İklim direncine odaklanan projeler için fon tahsis edin.
4. Açık Veri Platformları:
 - Açık veri platformları geliştirin ve iklimle ilgili verileri ve yapay zeka modellerini paylaşmak için DPG kayıt defterini kullanın.
 - Verilerin standartlaştırılmasını ve tüm paydaşlar tarafından erişilebilir olmasını sağlayın.
5. Kamu-Özel İşbirliği:
 - Veri erişilebilirliğini ve şeffaflığını artırmak için kamu ve özel sektör arasındaki işbirliklerinin teşvik edilmesi.

Örnek Kullanım Vakası: Bölgesel bir SIDS ittifakı, iklim verileri ve tahmine dayalı analitik için ortak bir yapay zeka platformu geliştirmek üzere uluslararası kuruluşlarla işbirliği yapmaktadır. Platform, meteoroloji istasyonları, uydular ve yerel sensörler dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen verileri toplar ve gerçek zamanlı iklim içgörülerini sağlamak için yapay zekayı kullanır. Devlet kurumlarından yerel topluluklara kadar bölgedeki paydaşlar, iklim adaptasyonu ve azaltımı konusunda bilinçli kararlar almak için platformu kullanıyor. Bu işbirlikçi yaklaşım, bölgenin iklim etkilerine karşı kolektif direncini artırmakta ve bir bilgi paylaşımı ve yenilikçilik kültürünü teşvik etmektedir.

Kapsayıcı ve Sürdürülebilir Politikalar Geliştirilmesi Tavsiye:

- Enerji tasarruflu yapay zeka teknolojilerini teşvik eden, veri güvenliğini sağlayan ve dijital uçuruma köprü kuran politikalar oluşturun.

Uygulama Adımları:

1. Enerji Verimliliği Politikaları:
 - Enerji tasarruflu yapay zeka teknolojileri ve yeşil bilişim uygulamaları için standartlar geliştirmek.
 - Enerji tasarrufu sağlayan algoritma ve donanım araştırmalarının teşvik edilmesi.
2. Veri Güvenliği Çerçeveleri:
 - Sağlam veri koruma yasaları ve veri yönetişimi çerçeveleri uygulayın.
 - Veri toplama, depolama ve paylaşma için kılavuz ilkeler oluşturun.
3. Dijital Uçurumun Kapatılması:
 - İnternet bağlantısını, bilgi işlem gücüne erişimi, bulut altyapısını, veri setlerini ve modelleri genişletmek için dijital altyapıya yatırım yapın.
 - Yetersiz hizmet alan bölgelerdeki dijital okuryazarlık programlarını geliştirin.

Örnek Kullanım Vakası: Gelişmekte olan bir ülke yeşil bilişimi teşvik etmek, veri güvenliğini artırmak ve internet bağlantısını genişletmek için politikalar uygulamaktadır. Hükümet, yenilenebilir enerjiyle çalışan enerji tasarruflu veri merkezlerini tanıtmak için teknoloji şirketleriyle işbirliği yapmaktadır. Ayrıca, ülke çapında dijital okuryazarlık programları

vatandaşları yapay zeka araçlarını etkili bir şekilde kullanma konusunda eğitmek için başlatılmıştır. Bu girişimler, yapay zeka teknolojilerinin herkes için erişilebilir olmasını sağlayarak kapsayıcı büyümeyi ve sürdürülebilirliği teşvik etmektedir.

Yerli Bilgi ve Toplumsal Cinsiyete Duyarlı Yaklaşımların Entegre Edilmesi Tavsiye:

- Kadınların, yerli grupların, siyahların ve yerel toplulukların ihtiyaçlarını ve bakış açılarını dikkate alarak kapsayıcı yapay zeka geliştirme ve dağıtım süreçlerini teşvik etmek.

Uygulama Adımları:

1. Kapsayıcı Yapay Zeka Gelişimi:

- Yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin tasarlanmasında yerel toplulukların katılımını sağlayın.
- Yapay zeka uygulamalarının kültürel uygunluğunu ve sosyal kabulünü sağlamak.

2. Hedeflenen Programlar:

- Tüm sosyal grupların yapay zeka eğitimine ve dağıtımına kapsayıcı katılımını desteklemek için programlar uygulayın.
- Eşitsizliklerin devam etmesini önlemek için toplumsal cinsiyete duyarlı yapay zeka politikaları geliştirmek.
- Yapay zeka sistemlerini daha uygun şekilde besleyebilecek cinsiyete göre ayrıştırılmış veri toplamaya yatırım yapın.

3. Toplum Katılımı:

- Yerli toplulukları, bilgi sistemlerinin yapay zeka modelleriyle entegrasyonuna dahil edin.
- Eğitim ve kariyer fırsatları yoluyla kadınların yapay zeka ile ilgili alanlara aktif katılımını teşvik etmek.

Örnek Kullanım Vakası: Gelişmekte olan bir ülkedeki bir yapay zeka projesi, yerel bilgileri entegre etmekte ve kadınları iklime dirençli tarım uygulamalarının tasarımına ve uygulanmasına dahil etmektedir. Proje, geleneksel tarım tekniklerini analiz etmek ve bunları mevcut iklim koşullarına göre optimize etmek için yapay zekayı kullanmaktadır. Yerli kadınlar, uzmanlıklarını paylaşmak ve diğerlerini yapay zeka araçlarını kullanma konusunda eğitmek için topluluk atölyelerine liderlik ediyor. Bu yaklaşım sadece tarımsal verimliliği artırmakla kalmıyor, aynı zamanda YZ'nin faydalarının eşit bir şekilde dağıtılmasını da sağlıyor.

Sağlam İzleme ve Değerlendirme Çerçevelerinin Oluşturulması

Tavsiye:

- İklim hedeflerine ulaşmada yapay zeka uygulamalarının etkisini izlemek ve değerlendirmek için çerçeveler geliştirmek.

Uygulama Adımları:

1. Etki Değerlendirmesi:

- İklim eyleminde yapay zeka uygulamaları için performans ölçütlerini tanımlayın.
- Yapay zeka çözümlerinin etkinliğini düzenli olarak gözden geçirin ve değerlendirin.

2. Sürekli İyileştirme:

- YZ stratejilerini iyileştirmek ve geliştirmek için değerlendirme sonuçlarını kullanın.
- Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumun sağlanması.

Örnek Kullanım Vakası: Gelişmekte olan bir ülke, yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin etkisini değerlendirmek için sağlam bir izleme çerçevesi kullanmaktadır. Çerçeve, sera gazı emisyonlarındaki azalmaları, toplum direncindeki gelişmeleri ve YZ uygulamalarının maliyet etkinliğini ölçmek için metrikler içermektedir. Düzenli değerlendirmeler, başarılı stratejileri ve iyileştirme alanlarını belirleyerek iklim hedeflerine doğru sürekli ilerleme sağlar.

Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik Tavsiye Kararı:

- Veri ve bulguları kamuya açık hale getirerek yapay zeka girişimlerinde şeffaflık ve hesap verebilirliği sağlamak.

Uygulama Adımları:

1. Veri Şeffaflığı:
 - YZ verilerini, metodolojilerini ve bulgularını paydaşlar için erişilebilir hale getirin.
 - Kamuya açık raporlama ve açık veri platformları aracılığıyla şeffaflığın teşvik edilmesi.
2. Hesap Verebilirlik Mekanizmaları:
 - Yapay zeka projelerindeki ilerlemeyi izlemek ve sorunları ele almak için mekanizmalar oluşturun.
 - Düzenli raporlama ve geri bildirim döngüleri uygulayın.

Örnek Kullanım Vakası: Ulusal bir yapay zeka iklim projesi, verilerini ve bulgularını açık bir platformda yayınlayarak şeffaflık sağlar ve kamu güvenini artırır. Devlet kurumları, STK'lar ve kamuoyu dahil olmak üzere paydaşlar ayrıntılı raporlara erişebilir ve geri bildirim sağlayabilir. Bu açık yaklaşım, hesap verebilirliği teşvik etmekte ve sürekli iyileştirmeyi desteklemektedir.

Yapay Zeka Araştırma, Geliştirme ve İnovasyonuna Yatırım**Yapın Öneri:**

- EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde iklim sorunlarını ele alan yapay zeka projelerine fon ve destek tahsis edin.
- Ulusal ve yerel inovasyon sistemlerinin teşvik edilmesi ve güçlendirilmesi.

Uygulama Adımları:

1. Fon Tahsisi:
 - Yapay zeka odaklı iklim çözümleri için hibeler ve vergi teşvikleri sağlayın.
 - İklim eylemi için yapay zekaya odaklanan girişimleri ve inovasyon merkezlerini destekleyin.
2. Disiplinlerarası Araştırma:
 - Bilgisayar bilimi ve iklim biliminin kesişme noktasındaki araştırmaları teşvik etmek.
 - Akademik kurumlar ve sanayi arasındaki işbirliğini kolaylaştırmak.
3. İnovasyon Desteği:
 - Finansman ve kaynaklar yoluyla inovasyon için destekleyici ortamlar yaratın.
 - Yapay zeka inovasyonunu desteklemek için kamu-özel sektör ortaklıklarını teşvik edin.

Örnek Kullanım Vakası: Bir SIDS, iklime dirençli teknolojiler geliştiren bir yapay zeka inovasyon merkezine yatırım yapar. Merkez, araştırma ve geliştirmeyi desteklemek için devlet hibeleri ve özel sektör yatırımları alır. Merkezdeki girişimler ve araştırmacılar afet tahmini, su yönetimi ve yenilenebilir enerji optimizasyonu için yapay zeka araçları oluşturur. Bu da yerel girişimciliği teşvik ediyor, iş fırsatları yaratıyor ve adanın iklim değişikliğine karşı genel direncini artırıyor.

9.2.2. İklim Teknolojisi Süreçleri ve Finansmanı**1. YZ-Geliştirilmiş Teknoloji İhtiyaç Değerlendirme (TNA)****Aracı Önerisi:**

Gelişmekte olan ülkeler için teknoloji ihtiyaçları değerlendirme sürecini kolaylaştırmak ve geliştirmek için yapay zeka destekli bir TNA aracı geliştirmek.

Uygulama Adımları:

1. Uygulamaları, maliyetleri ve gelişim aşamaları da dahil olmak üzere kapsamlı bir iklim teknolojileri veri tabanı oluşturun.
2. Kullanıcıları TNA süreci boyunca yönlendirmek için bağlama özel öneriler ve açıklamalar sağlayan LLM tabanlı bir arayüz uygulayın.
3. Ülkeye özgü verileri (örneğin emisyon profilleri, ekonomik göstergeler, coğrafi özellikler) analiz etmek ve ilgili teknolojileri önermek için bir makine öğrenimi modeli geliştirmek.
4. Teknoloji seçeneklerinin önceliklendirilmesine yardımcı olmak için yapay zeka ile geliştirilmiş bir çok kriterli karar analizi (MCDA) modülü ekleyin.
5. NLP kullanarak paydaş girdisi toplama ve analizi için bir özellik entegre edin.

Örnek Kullanım Vakası: Bir EAGÜ, tarım sektörüne yönelik teknoloji ihtiyaçlarını değerlendirmek için yapay zeka ile geliştirilmiş TNA aracını kullanır. Araç, ülkenin iklimine, toprak koşullarına ve sosyo-ekonomik faktörlerine dayalı olarak bir dizi uygun teknoloji önerir. Daha sonra paydaşlara bir önceliklendirme süreci boyunca rehberlik ederek, gerekçelendirilmiş teknoloji seçimleri ile kapsamlı bir TNA raporu oluşturur.

2. LLM Destekli Teknoloji Eylem Planı (TAP) Jeneratör**Tavsiyesi:**

TNA sonuçlarına dayalı ayrıntılı ve eyleme geçirilebilir Teknoloji Eylem Planlarının geliştirilmesine yardımcı olmak için LLM tabanlı bir sistem oluşturun.

Uygulama Adımları:

1. Başarılı TAP'lerden ve teknoloji transferindeki en iyi uygulamalardan oluşan bir veri seti üzerinde bir LLM eğitin.
2. Kullanıcıları TAP geliştirme süreci boyunca yönlendiren ve gerekli bilgileri isteyen bir kullanıcı arayüzü geliştirin.
3. Önceliklendirilen her bir teknoloji için uygulanabilir adımlar, zaman çizelgeleri ve kaynak gereksinimleri öneren bir modül uygulayın.
4. Birden fazla dilde taslak TAP belgelerini otomatik olarak oluşturmak için bir özellik ekleyin.
5. Birden fazla paydaşın TAP'a gerçek zamanlı olarak katkıda bulunmasına ve gözden geçirmesine olanak tanıyan bir işbirliği aracı entegre edin.

Örnek Kullanım Vakası: TNA'nın ardından bir SIDS, güneş enerjisiyle tuzdan arındırma teknolojisinin uygulanmasına yönelik ayrıntılı bir plan geliştirmek için TAP Generator'ı kullanır. Sistem somut eylemler önerir, maliyetleri tahmin eder, potansiyel engelleri tanımlar ve çözümler önerir. Paydaşların entegre gözden geçirme sistemi aracılığıyla işbirliği içinde geliştirdikleri taslak bir TAP belgesi oluşturur.

3. Yapay Zeka Odaklı GCF Hazırlık Teklifi**Geliştirici Tavsiyesi:**

Gelişmekte olan ülkelere yüksek kaliteli GCF Hazırlık ve Hazırlık Destek Programı teklifleri hazırlamada yardımcı olmak için yapay zeka destekli bir araç oluşturmak.

Uygulama Adımları:

1. Başarılı GCF Hazırlık teklifleri ve GCF kılavuzları üzerine eğitilmiş bir LLM geliştirmek.
2. Kullanıcıları Hazırlık teklifi şablonunun her bir bölümü boyunca yönlendiren etkileşimli bir arayüz oluşturun.

3. Ülke bağlamına ve önerilen sonuçlara dayalı olarak uygun faaliyetler ve bütçeler önermek için bir makine öğrenimi modeli uygulayın.
4. Teklifin eksiksizliğini ve YŞM kriterleriyle uyumunu otomatik olarak kontrol etmek için bir modül ekleyin.
5. Teklifleri güçlendirmek için görselleştirmeler ve mantıksal çerçeveler oluşturmaya yönelik bir özellik geliştirin.

Örnek Kullanım Vakası: Gelişmekte olan bir ülke, Ulusal Atanmış Otoritesini güçlendirmeye odaklanan bir Hazırlık teklifi hazırlamak için bu aracı kullanır. Yapay zeka ilgili faaliyetleri önerir, net sonuç ve çıktıların formüle edilmesine yardımcı olur ve teklifin tüm GCF gerekliliklerini karşılamasını sağlar. Sistem ayrıca net bir değişim teorisi ve ayrıntılı bir bütçe oluşturulmasına yardımcı olarak teklifin onaylanma şansını artırır.

4. Entegre TNA-TAP-GCF Teklif Hizalama Sistemi Önerisi:

TNA'lar, TAP'lar ve GCF finansman teklifleri arasında uyum ve tutarlılık sağlayan bir AI sistemi geliştirin.

Uygulama Adımları:

1. TNA'ların, TAP'ların ve GCF teklif şablonlarının içeriğini analiz etmek için bir makine öğrenimi modeli oluşturun.
2. Bu belgeleri hizalamanın yollarını önermek ve herhangi bir tutarsızlığı vurgulamak için LLM tabanlı bir arayüz uygulayın.
3. TNA, TAP ve GCF teklif belgeleri arasında ilgili bilgilerin otomatik olarak aktarılması için bir özellik geliştirin.
4. Teknoloji ihtiyaçlarının ve planlarının zaman içindeki gelişimini izlemek ve gerektiğinde güncellemeler önermek için bir modül ekleyin.
5. Çeşitli ulusal paydaşların bu süreçler arasında uyumu sürdürmek için birlikte çalışmasına olanak tanıyan bir işbirliği aracının entegre edilmesi.

Örnek Kullanım Vakası: TNA ve TAP'ını tamamlamış bir ülke, sistemi bir GCF finansman teklifi geliştirmek için kullanır. Yapay zeka, önerilen projenin TNA'da önceliklendirilen teknolojiler ve TAP'ta belirtilen eylem adımlarıyla uyumlu olmasını sağlar. Teklifi bu önceki analizlerle açıkça ilişkilendirerek güçlendirmenin yollarını önerir ve başarılı finansman olasılığını artırır.

5. Yapay Zeka Destekli İklim Teknolojisi İzleme ve Değerlendirme Platformu

Önerisi:

TNA ve TAP'larda tanımlanan teknolojilerin uygulanmasını ve GCF tarafından finanse edilen projelerin ilerlemesini izlemek ve değerlendirmek için yapay zeka ile geliştirilmiş bir platform oluşturmak.

Uygulama Adımları:

1. Teknoloji uygulamalarını takip etmek amacıyla çeşitli veri kaynaklarını (uydu görüntüleri, IoT sensörleri, proje raporları) işlemek için makine öğrenimi modelleri geliştirmek.
2. Düzenli ilerleme raporları oluşturmak ve paydaşların sorularına yanıt vermek için LLM tabanlı bir arayüz uygulayın.
3. Proje sonuçlarını tahmin etmek ve olası uygulama zorluklarını işaretlemek için bir tahmine dayalı analitik modülü oluşturun.
4. Çeşitli paydaşlar (örneğin, ulusal hükümetler, GCF, UNFCCC) için otomatik veri görselleştirme ve rapor oluşturma özelliği ekleyin.

5. Uygulama verilerine dayalı olarak teknoloji performans kriterlerini sürekli iyileştirmek için bir öğrenme mekanizması entegre edin.

Örnek Kullanım Vakası: Bir ülke, TNA'sında tanımlanan ve TAP'ında detaylandırılan GCF tarafından finanse edilen bir güneş enerjisi projesinin uygulanmasını izlemek için platformu kullanır. Sistem, güneş paneli kurulumlarını izlemek için uydu görüntülerini işler, enerji üretim verilerini analiz eder ve aylık ilerleme raporları oluşturur. Ayrıca performans verilerine dayanarak olası bakım sorunlarını tahmin ederek proaktif müdahalelere olanak sağlıyor.

Bu önerileri uygulayarak, gelişmekte olan ülkeler iklim eylemini ilerletmek için yapay zekadan etkin bir şekilde yararlanabilir, sürdürülebilir ve kapsayıcı kalkınmayı sağlayabilir. Politika yapıcılarının, araştırmacıların ve uygulayıcıların, savunmasız topluluklar için dirençli bir gelecek yaratmak amacıyla bilimsel araştırma, teknolojik geliştirme ve pratik uygulamaları entegre ederek işbirliği içinde çalışmaları zorunludur. YZ, zorlukları birlikte ele alarak ve belirlenen fırsatları en üst düzeye çıkararak, dünya çapında savunmasız topluluklara ve ekosistemlere fayda sağlayan yenilikçi çözümleri katalize edebilir.

6. Politika Yapıcılar, Araştırmacılar ve Uygulayıcılar için Eylem Çağrısı

Sunulan bulgular ve tavsiyeler ışığında, kilit paydaşlar iklim eylemi ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmede yapay zekanın potansiyelinden yararlanmak için acilen işbirliği yapmalıdır.

6.1. Politika Yapıcılar

Politika yapıcılar, YZ inovasyonunu teşvik etmede ve etik ve adil kullanımını sağlamada birincil rol oynamaktadır. Şeffaflık, hesap verebilirlik ve kapsayıcılığı vurgulayarak, YZ'nin iklim eylemine entegrasyonunu destekleyen politikalar uygulamalıdır. Politika yapıcılar, YZ dağıtımı için elverişli bir ortam yaratarak, YZ odaklı iklim çözümlerinin benimsenmesini hızlandırabilir ve toplumun tüm kesimlerine fayda sağlamalarını sağlayabilir. Bu, veri güvenliğini ve kullanıcıların haklarını korurken yeniliği teşvik eden düzenleyici çerçeveler oluşturmayı, sürdürülebilir YZ uygulamaları için teşvikler sağlamayı ve bilgi ve kaynakları paylaşmak için uluslararası işbirliğini teşvik etmeyi içerir.

6.2. Araştırmacılar

Araştırmacılar, yapay zeka teknolojilerinin ilerletilmesinde ve gelişmekte olan ülkelerin özel ihtiyaçlarına göre uyarlanmış yenilikçi çözümler geliştirilmesinde çok önemlidir. EAGÜ'lerden ve SIDS'ten araştırmacıların disiplinler arası araştırma işbirliğine dahil edilmesi, kapsayıcı sonuçların şekillendirilmesi için önemlidir. Tüm araştırmacılar, teorik yapay zeka araştırmaları ile pratik iklim çözümleri arasında köprü kuran işbirlikçi projeler yürütmeye teşvik edilmektedir. YZ'yi iklim bilimi ile birleştiren disiplinler arası araştırmalara odaklanmalı ve YZ uygulamalarının sağlam bilimsel anlayışa dayandırılmasını sağlamalıdır. Disiplinler arası araştırmaların teşvik edilmesi, iklim değişikliğinin çok yönlü zorluklarının ele alınmasında kilit öneme sahiptir. Bilgisayar bilimi ve veri bilimini çevre bilimi ve sosyal bilimlerle birleştirmek kapsamlı içgörüler ve yenilikçi çözümler sağlayabilir. Örneğin, çevresel verilerin sosyo-ekonomik modellerle entegre edilmesi, iklim politikalarının farklı topluluklar ve ekosistemler üzerindeki etkilerinin tahmin edilmesine yardımcı olabilir. Disiplinler arası işbirliği, teknolojik ilerlemelerin sosyal ve ekonomik gerçeklerle uyumlu olmasını sağlayarak iklim eylemine yönelik bütüncül bir yaklaşımı teşvik edebilir. Aslında, araştırma bulgularının uygunluğunu ve uygulanabilirliğini artırır.

Araştırmacılar ayrıca, uygulayıcılar ve politika yapıcılar tarafından kolayca benimsenebilecek sağlam, şeffaf ve yorumlanabilir YZ modelleri geliştirmeye odaklanmalıdır. Yerel topluluklarla etkileşim kurmak ve yerel bilgileri dahil etmek, YZ modellerini zenginleştirebilir ve belirli iklim sorunlarını ele almada daha etkili hale getirebilir. Araştırmacılar, vaka çalışmaları yürüterek, iklim eyleminde YZ'nin pratik faydalarını gösterebilir ve politika kararlarını yönlendirmek için kanıta dayalı öneriler sunabilir.

6.3. Uygulayıcılar

Sektör liderleri ve toplum kuruluşları da dahil olmak üzere uygulayıcılar, yapay zeka çözümlerinin sahada uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadır. YZ teknolojilerinin mevcut sistemlere ve süreçlere etkili bir şekilde entegre edilmesini sağlamak için politika yapıcılar ve araştırmacılarla işbirliği yapmalıdırlar. Uygulayıcılar, yerel toplulukların katılımını sağlayarak ve yerel bilgileri dahil ederek, kültürel olarak uygun ve sosyal olarak kabul gören YZ odaklı çözümler geliştirebilirler.

Uygulayıcılar, iklim girişimlerinde yapay zeka odaklı araçların uygulanmasında ön saflarda yer almaktadır. Bu araçları iklim izleme, afet müdahalesi ve kaynak yönetiminde kullanmalı, etkinliklerini sürekli olarak izlemeli ve gerekli ayarlamaları yapmalıdırlar. Uygulayıcılar ayrıca, iklim değişikliği ile mücadelede YZ'nin faydaları hakkında farkındalık yaratmak için yerel topluluklarla da iletişim kurmalıdır. Eğitim ve kapasite geliştirme fırsatlarının sağlanması, toplulukları YZ güdümlü iklim eylemine aktif olarak katılmaları ve bundan yararlanmaları için güçlendirebilir.

YZ'nin iklim eylem stratejilerine entegrasyonu, özellikle hassas bölgelerde dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği artırmak için benzeri görülmemiş fırsatlar sunmaktadır. Paydaşlar, YZ'nin güçlü yönlerinden yararlanarak ve zorluklarının üstesinden gelerek, teknoloji ve doğanın uyumlu bir şekilde bir arada var olduğu, gelecek nesiller için istikrarlı ve sağlıklı bir gezegen sağlayan bir gelecek yaratmak için birlikte çalışabilirler. Politika yapıcılarının, araştırmacıların ve uygulayıcıların ortak çabaları, iklim değişikliğiyle mücadelede YZ'nin tüm potansiyelinden yararlanmak için gereklidir.

7. Uygulama ve İzleme Çerçevesi

YZ'yi geliştirmekte olan ülkelerde, özellikle EAGÜ'lerde ve SIDS'lerde iklim eylem stratejilerine etkili bir şekilde entegre etmek için sağlam bir uygulama ve izleme çerçevesi gereklidir. Bu çerçeve, YZ uygulamalarının stratejik olarak konuşlandırılmasını, etkilerinin izlenmesini ve sonuçları optimize etmek için gerekli ayarlamaların yapılmasını sağlayacaktır.

7.1. Stratejik Planlama ve Hedef Belirleme

YZ'nin iklim eylemine entegrasyonu için ulusal ve bölgesel iklim hedefleriyle uyumlu, açık ve ölçülebilir hedeflerin belirlenmesi. Bu, emisyon azaltımı, dayanıklılık oluşturma ve sürdürülebilirlik için belirli hedefler belirlemeyi içerir. Politika yapıcılar, bu hedefleri tanımlamak ve gerçekçi ve ulaşılabilir olduklarından emin olmak için YZ uzmanları, iklim bilimciler ve yerel paydaşlarla işbirliği yapmalıdır. Ayrıca, en çok etkilenen nüfusun ihtiyaçlarını yansıtan esnek, sürdürülebilir çözümler tasarlamak için kadınları, gençleri, yerli halkları ve yerel toplulukları anlamlı bir şekilde sürece dahil etmelidirler. Ve son olarak, yapay zekanın sürdürülebilir kullanımını ilerleten politikaları savunmalıdırlar:

7.2. Paydaş Katılımı ve Katılımı

Planlama ve uygulama sürecine kadınlar, gençler, yerli halklar ve yerel topluluklar, özel sektör ortakları ve uluslararası kuruluşlar dahil olmak üzere çok çeşitli paydaşları dahil edin. Bu kapsayıcı yaklaşım, farklı bakış açılarının dikkate alınmasını ve YZ uygulamalarının kültürel olarak uygun ve sosyal olarak kabul edilmesini sağlar.

7.3. Veri Yönetimi ve Güvenliği

YZ uygulamalarında kullanılan verilerin kalitesini, güvenliğini ve gizliliğini sağlamak için sağlam veri yönetimi uygulamalarını hayata geçirin. Veri toplama, depolama ve paylaşma için yönergeler oluşturun ve uluslararası veri koruma standartlarına uygunluğu sağlayın. Bu, paydaşlar arasında güven oluşturmaya yardımcı olur ve hassas bilgileri korur.

7.4. Sürekli İyileştirme ve Adaptasyon

Yeni veri ve içgörülere dayalı olarak YZ modellerini ve iklim stratejilerini düzenli olarak güncelleyerek sürekli iyileştirme ve adaptasyon kültürünü teşvik etmek. YZ uygulamalarını iyileştirmek ve iklim sorunlarını ele almadaki etkinliklerini artırmak için inovasyon ve deneyleri teşvik edin.

7.5. Finansman ve Kaynak Tahsisi

Yapay zeka odaklı iklim çözümlerinin uzun vadeli uygulanmasını desteklemek için sürdürülebilir finansman kaynaklarının güvence altına alınması. Buna uluslararası iklim finansmanı, kamu-özel sektör ortaklıkları ve kalkınma kuruluşlarının hibelerinden yararlanmak da dahildir. Etkiyi en üst düzeye çıkarmak için kaynakların verimli bir şekilde tahsis edilmesini sağlayın.

7.6. Politika Entegrasyonu ve Koordinasyonu

YZ güdümlü iklim eylem stratejilerinin daha geniş ulusal ve bölgesel politikalara entegre edilmesi. İklim direnci ve sürdürülebilirliğe yönelik uyumlu ve kapsamlı bir yaklaşım oluşturmak için farklı devlet kurumları ve sektörler arasında koordinasyonun sağlanması.

Stratejik ve iyi koordine edilmiş bir çerçevenin uygulanması, yapay zeka uygulamalarının etkili bir şekilde entegre edilmesini, izlenmesini ve gelişen iklim zorluklarını karşılamak için uyarlanmasını sağlar.

Kısaltmalar Listesi AI:

Yapay Zeka

AIoT: Nesnelerin Yapay Zekası

YSA'lar: Yapay Sinir Ağları

ANFIS: Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi

ANFIS-ACO: Karınca Kolonisi Optimizasyonu ile Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi

ANFIS-GA: Genetik Algoritma ile Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi

ANFIS-PSO: Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi

APSO: Gelişmiş Parçacık Sürü Optimizasyonu

AR: Artırılmış Gerçeklik

ARIES: Ekosistem Hizmetleri için Yapay Zeka **ARIMA:**

Otomatik Regresif Entegre Hareketli Ortalama **ARMA:**

Otoregresif Hareketli Ortalama

BBBC: Big-Bang-Big-Crunch

BiLSTM: Dikkat Temelli Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek

BN: Bayes Ağı

BO: Bonobo Optimizer

BOA: Kelebek Optimizasyon Algoritması

BR: Bayes Düzenlemesi

CAV'ler: Bağlantılı ve Otonom Araçlar (CAVs) **CDNN:**

Evrışimli Derin Sinir Ağları **CNN'ler:** Konvolüsyonel

Sinir Ağları

COA: Coyote Optimizasyon Algoritması

CS: Karga Arama **CV:**

Bilgisayarla Görme **DL:**

Derin Öğrenme

DNN'ler: Derin Sinir Ağları **DPG:**

Dijital Kamu Malları **DRM:** Afet

Risk Yönetimi

ESM: Dünya Sistem Modeli

FAIS: Taşkın Analitiği Bilgi Sistemi **FTMA:** İnce

Ayar Metasezgisel Algoritma **GA:** Genetik Algoritma

GBM: Gradyan Arttırma Makinesi

GenAI: Üretken Yapay Zeka **GMDH:** Grup Veri

İşleme Yöntemi **GRU:** Gated Recurrent Unit

GVC: Küresel Değer Zinciri

GWP: Küresel Isınma Potansiyeli **HCSA:**

Yüksek Karbon Stoku Yaklaşımı **HCS:**

Yüksek Karbon Stoku

IoT: Nesnelerin İnterneti

IKS: Yerli Bilgi Sistemleri **IPM:** Entegre

Zararlı Yönetimi **IRSA:** Geliştirilmiş

Sürüngen Arama Algoritması

IUU: Yasadışı, Raporlanmamış ve Düzenlenmemiş (balıkçılık)

IVR: Sürükleyici Sanal Gerçeklik
KNN: K-En Yakın Komşular
EAGÜ'ler: En Az Gelişmiş Ülkeler (LDC'ler)
LLM'ler: Büyük Dil Modelleri **LSTM:**
Uzun Kısa Süreli Bellek
LULC: Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü
MAANN: Mod Uyarlamalı Yapay Sinir Ağı
ML: Makine Öğrenimi
MLFFNN: Çok Katmanlı İleri Beslemeli Sinir Ağı
MLP: Çok Katmanlı Algılayıcı
NDC'ler: Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılar
NLP: Doğal Dil İşleme
ORESTE: Organization, Rangement et Synthèse de Données Relationnelle
POV'ler: Özel Mülkiyetli Araçlar
PSO: Parçacık Sürü Optimizasyonu **RF:**
Rastgele Orman
RNN'ler: Tekrarlayan Sinir Ağları **SAVs:**
Paylaşımli Otonom Araçlar **SDGs:**
Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SIDS: Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletleri
SRC: Kademe-Deşarj Derecelendirme
Eğrisi **SVM:** Destek Vektör Makinesi
SVR: Destek Vektör Regresyonu
Swarm ANFIS: Swarm Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
I2PDM: Intelligent and Integrated Pest and Disease Management
RMSE: Root Mean Square Error
MAE: Ortalama Mutlak Hata **NSE:**
Nash-Sutcliffe Verimliliği **POVs:**
Özel Mülkiyetli Araçlar
POEV'ler: Özel Mülkiyetli Elektrikli Araçlar
SAEV'ler: Paylaşımli Otonom Elektrikli Araçlar
İHA-SfM: İnsansız Hava Aracı-Hareketten Yapı
V2G: Araçtan Şebekeye
VR: Sanal Gerçeklik
VOC'ler: Uçucu Organik Bileşikler
WANFIS: Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi ile birleştirilmiş dalgacık ayrıştırma fonksiyonları

Referanslar

- Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S., & Bagloee, S. A. (2019). Taşımacılıkta yapay zeka uygulamaları: genel bir bakış. *Sürdürülebilirlik*, 11, 189. <https://doi.org/10.3390/su11010189>
- Abid, S. K., ve diğerleri (2021). Entegre bir afet yönetimi yaklaşımına doğru: Yapay zeka afet yönetimini nasıl güçlendirebilir? *Sustainability*, 13(22), 12560. <https://doi.org/10.3390/su132212560>
- Accarino, G., Chiarelli, M., Fiore, S., Federico, I., Causio, S., Coppini, G., & Aloisio, G. (2021). Çok adımlı deniz seviyesi tahmini için Uzun Kısa Dönem Hafızalı sinir ağlarına dayalı çoklu model mimarisi. *Future Generation Computer Systems*, 124, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.05.008>
- Adebisi, N., Balogun, A.-L., Min, T. H., & Tella, A. (2021). Deniz seviyesindeki yükselmenin tahmin edilmesindeki gelişmeler: Gelgit ölçer, uydu altimetri ve mekansal veri bilimi yaklaşımlarının gözden geçirilmesi. *Ocean & Coastal Management*, 208, 105632. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105632>
- Adikari, K. E., Shrestha, S., Ratnayake, D. T., Budhathoki, A., Mohanasundaram, S., & Dailey, M. N. (2021). Kurak ve tropikal bölgelerde sel ve kuraklık tahmini için yapay zeka modellerinin değerlendirilmesi. *Çevresel Modelleme & Yazılım*, 144, 105136. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105136>
- Aditama, G. K. L., Wijaya, S. K., Siagian, S. B., & Nugroho, W. (2023). Dramaga İklim Gözlem İstasyonunda IoT Tabanlı Dijital İklim İstasyonu Geliştirilmesi. *IOP Konferans Serisi: Earth and Environmental Science*, 1167(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1167/1/012033>
- Ahmed, A. A., Nazzal, M. A., Darras, B. M., & Deiab, I. M. (2023). Döngüsel ekonomi uygulamalarını içeren paylaşımlı otonom elektrikli araçların küresel ısınma potansiyeli, su ayak izi ve enerji talebi. *Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim*, 36, 449-462. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.03.022>
- Ahmed, A. N., Othman, F. B., Afan, H. A., Ibrahim, R. K., Fai, C. M., Hossain, M. S., Ehteram, M., & Elshafie, A. (2019). Daha İyi Su Kalitesi Tahmini için Makine Öğrenimi Yöntemleri. *Hidroloji Dergisi*, 578, Makale Kimliği: 124084
- Ahmed, N., Wahed, M., & Thompson, N. C. (2023). Yapay Zeka Araştırmalarında Endüstrinin Artan Etkisi. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.ade2420>
- Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., & Chen, H. (2021). Sürdürülebilir enerji endüstrisinde yapay zeka: mevcut durum, zorluklar ve fırsatlar. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125834. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125834>
- Akanbi, A. K., & Masinde, M. (2018). Yerel bilgi kullanarak kural tabanlı bir kuraklık erken uyarı uzman sisteminin geliştirilmesine doğru. 2018 Uluslararası Büyük Veri, Hesaplama Alanındaki Gelişmeler Konferansı'nda ve Veri İletişim Sistemler (icABCD). <https://doi.org/10.1109/ICABCD.2018.8465465>
- Al-Othman, A., Tawalbeh, M., Martis, R., Dhou, S., Orhan, M., Qasim, M., & Ghani Olabi, A. (2022). Yakıt hücreli hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinde yapay zeka ve sayısal modeller: ilerlemeler ve beklentiler. *Enerji Dönüşüm ve Yönetimi*, 253, 115154. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.115154>

- Alam, E., Sufian, A., Das, A. K., Bhattacharya, A., Ali, M. F., & Rahman, M. M. H. (2021). Bilgisayarla Görme için Derin Öğrenmeden Yararlanma: Bir İnceleme. 2021 22. Uluslararası Arap Bilgi Teknolojileri Konferansı (ACIT), Muskat, Umman, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ACIT53391.2021.9677361>
- Alassery, F., Alzahrani, A., Khan, A. I., Irshad, K., & Islam, S. (2022). Enerji yönetim sisteminde yeşil enerji kullanımı için yapay zeka tabanlı bir güneş radyasyonu tahmin modeli. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102060. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102060>
- AlDousari, A. E., Kafy, A. A., Saha, M., Fattah, M. A., Almulhim, A. I., Faisal, A.-A., Al Rakib, A., Jahir, D. M. A., Rahaman, Z. A., Bakshi, A., Shahrier, M., & Rahman, M. M. (2022). Kuveyt'te arazi kullanımı/arazi örtüsü değişim modelinin kentsel termal özellikler üzerindeki etkilerinin modellenmesi. *Sustainable Cities and Society*, 86, 104107. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104107>
- Alemanly, S., Beltran, J., Perez, A., & Ganzfried, S. (2019). Tekrarlayan bir sinir ağı kullanarak kasırga yörüngelerini tahmin etme. *AAAI Yapay Zeka Konferansı Bildirilerinde* (Cilt 33, s. 468-475).
- Alexandru, M., Dragoş, C., & Bălă-Constantin, Z. (2022). Otomatik güdümlü araç filosu için Dijital İkiz yönetim. *Procedia Bilgisayar Bilim*, 199, 1363–1369. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.172>
- Ampatzidis, Y., Partel, V., & Costa, L. (2020). Agrovie: Yapay zeka kullanarak hassas tarım uygulamaları için İHA ile toplanan verileri işlemek, analiz etmek ve görselleştirmek için bulut tabanlı uygulama. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105457. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105457>
- Amprius (2024), How Drones are Used in the Aftermath of Disasters, <https://amprius.com/drones-disasters/#:~:text=Drones make easier to,and plan their actions accordingly>.
- An, J., Ding, W., & Lin, C. (2023). ChatGPT: Üretken yapay zekanın büyüyen karbon ayak iziyle mücadele edin. *Nature*, 615, 586. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00843-2>
- Anbarasan, M., ve diğerleri (2020). IoT, büyük veri ve konvolüsyonel derin tabanlı sel felaketi algılama sistemi sinirsel ağ. *Bilgisayar İletişim*, 150, 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.11.022>
- Ansari, M. F., Dash, B., Sharma, P., & Yathiraju, N. (2022). Siber güvenlikte yapay zekanın etkisi ve sınırlamaları: Bir literatür taraması. *Uluslararası Bilgisayar ve İletişim Mühendisliği İleri Araştırmalar Dergisi. SSRN'de mevcuttur*: <https://ssrn.com/abstract=4323317>
- Anshuman, J., & Mallick, B. (Eds.). (2023). *Yenilikçi Tarım: Yayında Stratejiler ve Kavramlar* (1. baskı). AkiNik Yayınları. <https://doi.org/10.22271/ed.book.2547>.
- Anthony, L. F. W., Kanding, B., & Selvan, R. (2020). Carbontracker: Eğitim Derin Öğrenme Modellerinin Karbon Ayak İzini İzleme ve Tahmin Etme. *arXiv:2007.03051*.
- Appana, S., Gogia, A., Potineni, A., Ravipati, Y., & Shyamsunder, N. (2022). Okyanus devriyesi ve gözetimi için Edge teknolojisi tabanlı yapay zeka sistemi. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology (IJSRCSEIT)*, 8(4), 182-192. <https://doi.org/10.32628/CSEIT22845>
- Arachie, C., ve diğerleri (2020). Büyük ölçekli felaketlerde alt olayların denetimsiz tespiti. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34(01), 354-361. <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i01.5370>

- Arumugam, K., Swathi, Y., Sanchez, D. T., Mustafa, M., Phoemchalard, C., Phasinam, K., & Okoronkwo, E. (2022). Makine öğrenimi tekniklerinin tarım ve enerji sektöründe uygulanabilirliğine doğru. *Günümüzde Malzemeler: Proceedings*, 51, 2260-2263. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.394>
- Aschwanden, G., Wijnands, J. S., Thompson, J., Nice, K. A., Zhao, H. F., & Stevenson, M. (2021). Yürümeyi öğrenmek: Sinir ağları aracılığıyla ulaşım modu seçim dağılımının modellenmesi. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(2), 186-199. <https://doi.org/10.1177/2399808319862571>
- Asiri, S. A., Salilih, E. M., Alfawaz, K. M., Alogla, A. F., Abu-Hamdeh, N. H., & Nusier, O. K. (2022). Değişken hızlı fotovoltaiik sirkülasyon pompalı güneş enerjili su ısıtıcı sisteminde YSA ile yenilenebilir enerji dönüşüm ve depolama performansının iyileştirilmesi. *Uluslararası Enerji Araştırmaları Dergisi*. Çevrimiçi yayın. <https://doi.org/10.1002/er.8268>
- Avalon-Cullen, C., Caudill, C., Newlands, N.K., & Enenkel, M. (2023). Büyük Veri, Küçük Ada: Jamaika'da Sel ve Heyelan Risk Değerlendirmesinin İyileştirilmesi için Yer Gözlemleri. *Geosciences*, 13(64). <https://doi.org/10.3390/geosciences13030064>
- Azevedo, B. F., Rocha, A. M. A. C., & Pereira, A. I. (2024). Optimizasyon ve makine öğrenimi yöntemlerine hibrit yaklaşımlar: Sistematik bir literatür taraması. *Makine Öğrenimi*. <https://doi.org/10.1007/s10994-023-06467-x>
- Bagstad, K. J., Reed, J. M., Semmens, D. J., Sherrouse, B. C., & Troy, A. (2016). Ekosistem hizmeti değerlendirmeleri için biyofiziksel modeller ve kamu tercihleri arasında bağlantı kurulması: Güney Kayalık Dağları için bir vaka çalışması. *Bölgesel Çevresel Değişim*, 16, 2005-2018. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0756-7>
- Bahari, N.A.A.B.S., Ahmed, A.N., Chong, K.L. ve diğerleri. Yapay Zeka Kullanarak Deniz Seviyesi Yükselişinin Tahmin Edilmesi: Bir İnceleme. *Arch Computat Methods Eng* 30, 4045-4062 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11831-023-09934-9>
- Bakhmat, N. (2024). Yükseköğretimde yapay zeka: Kullanım olanakları. *Pedagojik Eğitim: Teori ve Uygulama*, 35(2-2023), 161-173. <https://doi.org/10.32626/2309-9763.2023-161-173>
- Bakker, K. (2022). Akıllı okyanuslar: Yapay zeka ve deniz koruma alanı yönetişimi. *Earth System Governance*, 13, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2022.100141>
- Balehegn, M., Balehey, S., Fu, C., & Makoto, N. (2019). Kuzeydoğu Etiyopya'daki Afar çobanları arasında yerel hava durumu ve iklim tahmini bilgisi: Hava ve iklim değişkenliğine adaptasyondaki rolü. *Pastoralizm*, 9(8). <https://doi.org/10.1186/s13570-019-0143-y>
- Balogun, A. L., & Adebisi, N. (2021). ARIMA, SVR ve LSTM sinir ağı kullanarak deniz seviyesi tahmini: Okyanus-Atmosferik süreçler topluluğunun modellerin doğruluğu üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 653-674. <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1887372>
- Balogun, A. L., Marks, D., Sharma, R., Shekhar, H., Balmes, C., Maheng, D., Arshad, A., & Salehi, P. (2020). Kent merkezlerinde iklim değişikliğine uyum ve sürdürülebilir kalkınma için bir araç olarak dijitalleşmenin potansiyellerinin değerlendirilmesi. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101888. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101888>
- Banerjee, C., Nguyen, K., Fookes, C., & Karniadakis, G. (2024). Fizik Bilgilendirmeli Bilgisayarlı Görü: A Review and Perspectives. *arXiv preprint arXiv:2305.18035*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.18035>

- Banu, J. F., Mahajan, R. A., Sakthi, U., Nassa, V. K., Lakshmi, D., & Nadanakumar, V. (2022). Hibrit yenilenebilir enerji kaynaklarında enerji depolama sistemi için dikkat tabanlı BiLSTM ile yapay zeka. *Sürdürülebilir Enerji Teknolojileri ve Değerlendirmeler*, 52, 102334. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102334>
- Barnett, J. (2023). NASA ve IBM Research Hava Durumu, İklim ve <https://science.nasa.gov/open-science/ai-model-weather-climate/> için Yeni Yapay Zeka Modeli Yayınlayacak
- Baysan, S., Kabadurmus, O., Cevikcan, E., Satoglu, S. I., & Durmusoglu, M. B. (2019). Yalın araçların enerji verimliliği üzerindeki etkisinin analizi için simülasyon tabanlı bir metodoloji: elektrik dağıtım sektöründe bir uygulama. *Temiz Üretim Dergisi*, 211, 895-908. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.217>
- Benefo, E., Tingler, A., White, M., Cover, J., Torres, L., Broussard, C., Shirmohammadi, A., Pradhan, A., & Patra, D. (2022). Yapay zekanın küresel düzeyde etik, yasal, sosyal ve ekonomik (ELSE) etkileri: Bilimselometrik bir yaklaşım. *AI and Ethics*, 2(4), 667-682. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00124-6>
- Beşiroğlu, T., Bergerson, S. A., Michael, A., Heim, L., Luo, X., & Thompson, N. (2024). Makine Öğreniminde Hesaplama Uçurumu: Akademik Katkı ve İncelemeye Bir Tehdit mi? <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.02452>
- Bibri, S.E. (2023). Platform Şehirciliğinin Sanal Bir Modeli Olarak Metaverse: AIoT, XReality, Neurotech ve Nanobiotech'i Birleştiren Uygulamaları, Zorlukları ve Riskleri. *Smart Cities*, 6(3), 1345-1384. <https://doi.org/10.3390/smartcities6030065>
- Bibri, S. E. (2024). Daha Akıllı Eko-Kentler için Yapay Zeka ve Nesnelerin Yapay Zekası Çözümleri: Çevresel Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Stratejilerinin Geliştirilmesi. *Daha Akıllı Eko-Kentler için Nesnelerin Yapay Zekası* içinde: *Pioneering the Environmental Synergies of Urban Brain, Digital Twin, Metabolic Circularity, and Platform içinde* (s. xx-xx). Routledge Taylor & Francis Group. (baskıda).
- Bibri, S., Krogstie, J., Kaboli, A., & Alahi, A. (2023). Daha Akıllı Eko-Kentler ve Çevresel Sürdürülebilirlik için Öncü Nesnelerin Yapay Zekası Çözümleri: Kapsamlı Bir Sistemik İnceleme. *Environmental Science and Ecotechnology*, Vol.19, <http://dx.doi.org/10.1016/j.es.2023.100330>
- Bibri S.E., Huang J., Krogstie J. (2024a) Daha Akıllı Eko-Şehir Beyni, Metabolizması ve Platformunun Sinerjisi için Nesnelerin Yapay Zekası: Pioneering Data-driven Environmental Governance, *Sustainable Cities and Society*, 105516. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105516>
- Bibri, S. E., Huang, J., Jagatheesaperumal, S. K., & Krogstie, J. (2024b). Sürdürülebilir akıllı şehirlerin çevresel planlamasında yapay zeka ve dijital ikizin sinerjik etkileşimi: A comprehensive systematic review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 20, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.es.2024.100433>
- Bindajam, A. A., Mallick, J., Talukdar, S., Islam, A. R. M. T., & Alqadhi, S. (2021). Kentsel sürdürülebilirlik için ekosistem hizmetlerini tahmin etmeye yönelik yapay zeka tabanlı LULC haritalama ve tahmininin entegrasyonu: geçmiş ila gelecek perspektifi. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07559-2>
- Birhane, A. (2020). Algoritmik Kolonizasyon . Afrika. *SCRIPT-Ed*, 17(2), 389-409. <https://doi.org/10.2966/scrip.170220.389>

- Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., Bernstein, M. S., Bohg, J., Bosselut, A., Brunskill, E., & et al. (2022). Temel modellerin fırsatları ve riskleri üzerine. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.07258>
- Bonan, G. B., & Doney, S. C. (2018). İklim, ekosistemler ve gezegensel gelecekler: Dünya sistemi modellerinde yaşamı tahmin etme zorluğu. *Science*, 359, eaam8328. <https://doi.org/10.1126/science.aam8328>
- Booth, M. (2018). İklim değişikliği ve ihmal edilen tropikal hastalıklar. Rollinson, D., & Stothard, J. R. (Eds.), *Advances in Parasitology*, 100, 39-126. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2018.02.0>
- Bowes, B. D., Sadler, J. M., Morsy, M. M., Behl, M., & Goodall, J. L. (2019). Uzun Kısa Vadeli Hafıza ve Tekrarlayan Sinir Ağları ile Sele Eğilimli Bir Kıyı Kentinde Yeraltı Suyu Tablasının Tahmini. 11(5), 1098. <https://doi.org/10.3390/w11051098>
- Boza, P., & Evgeniou, T. (2021). Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının güç sistemine entegrasyonunu desteklemek için yapay zeka. *Uygulamalı Enerji*, 290, 116754. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116754>
- Brevini, B. (2020). Kara kutular, yeşil değil: yapay zekayı mitleştirmek ve çevreyi ihmal etmek. *Big Data & Society*, 7(2), 2053951720935141.
- Brock, A., Donahue, J., & Simonyan, K. (2018). Yüksek doğrulukta doğal görüntü sentezi için büyük ölçekli GAN eğitimi. Uluslararası öğrenme temsilleri konferansı.
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. (2020). Dil modelleri az sayıda öğrencidir. *NeurIPS Bildiriler Kitabı*, 1877-1901.
- Butler, E & Lupton, D. (2024) Ekosistemlere ve Doğal Çevreye Uygulanan Üretken Yapay Zeka Teknolojileri: A Scoping Review, ADM+S Working Paper Series 2024 (10), ARC Centre of Excellence for Automated Decision-Making and Society, DOI: 10.60836/k7fv-7991.
- Castelli, M., & Manzoni, L. (2022). Yapay zekada üretken modeller ve uygulamaları. *Uygulamalı Bilimler*, 12(9), 4127.
- Ceccaroni, L., Bibby, J., Roger, E., Flemons, P., Michael, K., Fagan, L., & Oliver, J. L. (2019). Yapay zeka çağında vatandaş bilimi için fırsatlar ve riskler. *Yurttaş Bilimi: Teori ve Uygulama*, 4(1), 29. <https://doi.org/10.5334/cstp.241>
- Çelik, İ. (2023). Yapay zeka (YZ) okuryazarlığının belirleyicilerinin araştırılması: Dijital uçurum, hesaplamalı düşünme, bilişsel özümseme. *Telematics and Informatics*, 83, 102026. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2023.102026>
- Chakravarty, P. (2023). İklim iletişim kanalları, yapay zeka ve yerel bilgelik: Küresel kaynama çağında adaptasyon için üçlü bir yaklaşım. Eylül 2023. <https://doi.org/10.25810/wq39-sp67>
- Chakravarty, P. (2023). İklim iletişim kanalları: Kıyı bölgelerinde aşırı hava olaylarının tahmini ve azaltılması için yapay zeka/ML ve yerel bilgi sistemlerini entegre eden yenilikçi bir yaklaşım. Ulusal Sempozyum üzerinde Tropikal Meteoroloji (TROPMET 2023). <https://scholar.colorado.edu/concern/presentations/m039k6299>

- Chen, L., Chen, Z., Zhang, Y. ve diğerleri (2023). İklim değişikliği için yapay zeka tabanlı çözümler: bir inceleme. *Environ Chem Lett.* <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01617-y>
- Chen, L., Msigwa, G., Yang, M., Osman, A. I., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2022b). Karbon nötr bir topluma ulaşmak için stratejiler: bir inceleme. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 2277-2310. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01435-8>
- Chen, C., Nguyen, D. T., Lee, S. J., Baker, N. A., Karakoti, A. S., Lauw, L., Owen, C., Mueller, K. T., Bilodeau, B. A., Murugesan, V., & Troyer, M. (2024). Yapay zeka ve bulut yüksek performanslı bilgi işlem ile hesaplamalı malzeme keşfinin hızlandırılması: Büyük ölçekli taramadan deneysel doğrulamaya. *arXiv.* <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.04070>
- Chen, Z., Zhu, Z., Jiang, H., & Sun, S. (2020b). Derin öğrenme ve klasik makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak sınırlı meteorolojik verilere dayalı günlük referans evapotranspirasyonun tahmin edilmesi. *Journal of Hydrology*, 591, 125286. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125286>
- Cheng, X., Zhang, F., Chen, X., & Wang, J. (2023). Balıkçı teknesi davranışlarının incelenmesinde Yapay Zeka uygulaması. *Fishes*, 8(10), 516. <https://doi.org/10.3390/fishes8100516>
- Cheong, E. (2022). Yapay Zeka Çağında Toplumsal Farkındalık Eğitimi: Üçüncü Komşu. *Korean-German Society for Educational Science*, 27(3), 97-116. <https://doi.org/10.26894/kdge.2022.27.3.97>
- Christin, S., Hervet, É., & Lecomte, N. (2019). Ekolojide derin öğrenme uygulamaları. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(10), 1632-1644.
- Chu-Ke, C., & Dong, Y. (2024). Üretken yapay zeka çağında yanlış bilgi ve okuryazarlıklar: Kısa bir genel bakış ve gelecekteki araştırmalar için bir çağrı. *Emerging Media*, 2(1), 70-85. <https://doi.org/10.1177/27523543241240285>
- Cioffi, R., Travaglioni, M., Piscitelli, G., Petrillo, A., & De Felice, F. (2020). Akıllı üretimde yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamaları: ilerleme, eğilimler ve yönler. *Sürdürülebilirlik*, 12(2), 492. <https://doi.org/10.3390/su12020492>
- Cipollini, P., Calafat, F. M., Jevrejeva, S., Melet, A., & Prandi, P. (2017). Kıyı bölgesinde deniz seviyesinin uydu altimetresi ve gelgit ölçerlerle izlenmesi. *Surveys in Geophysics*, 38(1), 33-57. <https://doi.org/10.1007/s10712-016-9392-0>
- İklim Değişikliği YZ. (2023). EMPIRIC_AI: Pasifik Ada Ülkeleri ve Bölgelerindeki sağlık altyapısı için siklon riskinin yapay zeka destekli topluluk projeksiyonları. https://www.climatechange.ai/innovation_grants/2023/2.adresinden_alindi
- CLIMIND (2024), İklim Çözümleri için Yapay Zeka Etkinleştirici, <https://www.climind.co/home/>
- Crane-Droesch, A. (2018). Tarımda mahsul verimi tahmini ve iklim değişikliği etki değerlendirmesi için makine öğrenimi yöntemleri. *Environmental Research Letters*, 13(11), Makale 114003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae159>
- Crumpler, K., Gagliardi, G., Meybeck, A., Federici, S., Lieuw, T., Bloise, M., ve diğerleri (2020). Karayipler'de ulusal olarak belirlenen katkıların bölgesel analizi - tarım ve arazi kullanımı sektörlerindeki boşluklar ve fırsatlar. Çevre ve Doğal Kaynak Yönetimi Çalışma Belgeleri No. 80. FAO, Roma. <https://doi.org/10.4060/>

- CTCN. (2023). *İklim teknolojisi ve politikasında dijitalleşme yoluyla sistem dönüşümlerinin etkinleştirilmesi*. [https://www.ctcn.org/sites/default/files/documents/231012%20CTCN%20MB%20digitalization.p df](https://www.ctcn.org/sites/default/files/documents/231012%20CTCN%20MB%20digitalization.pdf)
- Cuo, W., Qureshi, N. M. F., Jarwar, M. A., Kim, J., & Shin, D. R. (2023). Yapay zeka odaklı akıllı güç sistemi geçici kararlılığı: rasyonellik, uygulamalar, zorluklar ve gelecekteki fırsatlar. *Sürdürülebilir Enerji Teknolojileri ve Değerlendirmeleri*, 56, 102990. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102990>
- Cutler, D. R., Edwards, T. C., Beard, K. H., Cutler, A., Hess, K. T., Gibson, J., & Lawler, J. J. (2007). Ekolojide sınıflandırma için rastgele ormanlar. *Ecology*, 88(11), 2783-2792.
- Daam, M. A., Chelinho, S., Niemeyer, J. C., Owojori, O. J., De Silva, P. M. C., Sousa, J. P., ve diğerleri (2019). Tropikal karasal ekosistemlerde pestisitlerin çevresel risk değerlendirmesi: test prosedürleri, mevcut durum ve gelecek perspektifleri. *Ekotoksikoloji ve Çevre Güvenliği*, 181, 534-547. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.06.038>
- Death, R. G. (2015). Çevresel bir kriz: Bilim başarısız oldu; makineleri gönderelim. *Wiley Disiplinlerarası İncelemeler: Su*, 2(6), 595-600.
- Debus, A., Beauchamp, E., Acworth, J., Ewolo, A., Kamga, J., Verhegghen, A., Zébazé, C., & Lines, E. R. (2024). Kamerun'daki Dünya Gözlem görüntülerinden doğrudan ormansızlaşma etkenlerini sınıflandırmak için etiketli bir veri kümesi. *Scientific Data*, 11, 564. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03384-z>
- Demolli, H., Dokuz, A. S., Ecemiş, A., & Gökçek, M. (2021). Deterministik ve sezgisel algoritmalar kullanarak hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin konum tabanlı optimum boyutlandırılması. *Uluslararası Enerji Araştırmaları Dergisi*, 45(11), 16155-16175. <https://doi.org/10.1002/er.6849>
- Denning, D. E. (2019). Kuantum bilişim bir siber güvenlik tehdidi mi? *American Scientist*, 107(2), 83-85.
- Deeb, D. J., & Garel-Frantzen, A. (2023). Üretken yapay zeka devrimi: Çevre ve enerji sektörleri üzerindeki kilit etkiler. *The National Law Review*. <https://www.natlawreview.com/article/generative-ai-revolution-key-impacts-to-environmental-energy-sectors>
- Dheeraj, A., Nigam, S., Begam, S., Naha, S., Jayachitra Devi, S., Chaurasia, H. S., Kumar, D., Ritika, Soam, S. K., Srinivasa Rao, N., Alka, A., Sreekanth Kumar, V. V., & Mukhopadhyay, S. C. (2020). İklim değişikliğinin azaltılmasında yapay zeka (AI) ve nesnelerin internetinin (IoT) rolü. C. Srinivasarao ve diğerleri (Eds.), *İklim değişikliği ve Hindistan tarımı: Zorluklar ve adaptasyon stratejileri* (s. 325-358). ICAR-Ulusal Tarımsal Araştırma Yönetimi Akademisi, Haydarabad.
- Dhunnoo, Y., Carter, A., O'Hare, D., Birt, J., & Skitmore, M. (2023). Sürükleyici sanal gerçeklik iletişimi yoluyla iklim değişikliği farkındalığının artırılması: Bir vaka çalışması. *Sustainability*, 15(17), 12969. <https://doi.org/10.3390/su151712969>
- Ding, C., Ke, J., Levine, M., ve diğerleri (2024). Ticari binaların enerji ve karbon emisyonlarının azaltılmasında yapay zeka potansiyeli. *Nature Communications*, 15, 5916. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-50088-4>
- Di Vaio, A., Palladino, R., Hassan, R., & Escobar, O. (2020). Sürdürülebilir kalkınma hedefleri perspektifinde yapay zeka ve iş modelleri: Sistemik bir literatür taraması. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 121, 283-314. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.019>

- Dolby, N. (2023, 11 Eylül). Yapay zeka şirketleri daha çevreci olabilir ama aynı zamanda enerji tüketir. Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/artificial-intelligence-can-make-companies-greener-but-it-also-guzzles-energy-7c7b678>
- Dominguez, D., del Villar, L. D., Pantoja, O., & González-Rodríguez, M. (2022). Hibrit bir makine öğrenimi modeli kullanarak Amazon yağmur ormanlarının ormansızlaşmasının öngörülmesi. *Sustainability*, 14(691). <https://doi.org/10.3390/su14020691>
- Domisch, S., Kakouei, K., Martínez-López, J., Bagstad, K.J., Magrach, A., Balbi, S., Villa, F., Funk, A., Hein, T., Borgwardt, F., Hermoso, V., Jähnig, S.C., Langhans, S.D. (2019). Sosyal eşitlik bölge seçimini şekillendiriyor: Sınırtaşan Tuna Nehri Havzası'nda sucul biyoçeşitliliğin korunması ve ekosistem hizmetleri sunumunun dengelenmesi. *Science of The Total Environment*, 656, 797-807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.348>
- Donti, P. L., & Kolter, J. Z. (2021). Sürdürülebilir enerji sistemleri için makine öğrenimi. *Annual Review of Environment and Resources*, 46, 719-747. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020220-061831>
- Donlon, C. J., Cullen, R., Giulicchi, L., Vuilleumier, P., Francis, C. R., Kuschnerus, M., Simpson, W., Bouridah, A., Caleno, M., Bertoni, R., Rancaño, J., Pourier, E., Hyslop, A., Mulcahy, J., Knockaert, R., Hunter, C., Webb, A., Fornari, M., Vaze, P., ... Tavernier, G. (2021). Copernicus Sentinel-6 görevi: Uzaydan uydu deniz seviyesi ölçümlerinin geliştirilmiş sürekliliği. *Remote Sensing of Environment*, 258, 112395. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112395>
- Doorn, N. (2021). Su alanında yapay zeka: Sorumlu kullanım için fırsatlar. *Science of The Total Environment*, 755, 142561. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142561>
- Du, C., Zhang, L., Ma, X., Lou, X., Shan, Y., Li, H., & Zhou, R. (2021). Hassas tarım için kablosuz sensör ağı kullanan bir pamuk yüksek verimli su-gübre kontrol sistemi. *Processes*, 9(1693). <https://doi.org/10.3390/pr9101693>
- Duan, M., Xia, J., Yan, Z., Han, L., Zhang, L., Xia, H., & Yu, S. (2021). Konvektif fırtınaların radar yansıtıcılığının derin öğrenme ve Himawari-8 gözlemlerine dayalı olarak yeniden yapılandırılması. *Remote Sensing*, 13(3330). <https://doi.org/10.3390/rs13163330>
- Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Büyük Veri çağında karar verme için yapay zeka - evrim, zorluklar ve araştırma gündemi. *Uluslararası Bilgi Yönetimi Dergisi*, 48, 63-71.
- Durodola, O. M., Makama, E. K., Odewumi, B. J., & Nathan, A. L. (2022). Radyo Yayılımı Çalışmaları için Çevre ve İklim Veri Toplama Sisteminin (EC-DAQS) Geliştirilmesi. *Mühendislik Araştırma ve Raporları Dergisi*, 22(3), 11-18. <https://doi.org/10.9734/jerr/2022/v22i317526>
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., Duan, Y., Dwivedi, R., Edwards, J., Eirug, A., Galanos, V., Ilavarasan, P. V., Janssen, M., Jones, P., Kar, A. K., Kizgin, H., Kronemann, B., Lal, B., Lucini, B., Medaglia, R., Le Meunier-FitzHugh, K., Le Meunier-FitzHugh, L. C., Misra, S., Mogaji, E., Sharma, S. K., Singh, J. B., Raghavan, V., Raman, R., Rana, N. P., Samothrakis, S., Spencer, J., Tamilmani, K., Tubadji, A., Walton, P., & Williams, M. D. (2021). Yapay Zeka (YZ): Araştırma, uygulama ve politika için ortaya çıkan zorluklar, fırsatlar ve gündem üzerine multidisipliner perspektifler. *Uluslararası Bilgi Yönetimi Dergisi*, 57, 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>

- Eremin, N. A., & Selenginsky, D. A. (2023). Petrol ve gaz problemlerinin çözümünde yapay zeka yöntemlerini uygulama olanakları üzerine. *Izvestiya Tula Devlet Üniversitesi. Yer Bilimleri*, (1), 201-210.
- Avrupa Komisyonu. (2021). Yapay zekaya ilişkin uyumlaştırılmış kuralları belirleyen (Yapay Zeka Yasası) ve bazı Birlik mevzuatını değiştiren bir Tüzük Teklifi. EUR-Lex. Temmuz 9, 2024 tarihinde <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206> adresinden alındı.
- El Himer, S., Ouaisa, M., Ouaisa, M., Boulouard, Z. (2022). Yenilenebilir Enerji Sistemleri için Nesnelerin Yapay Zekası (AIoT). İçinde: El Himer, S., Ouaisa, M., Emhemed, A. A. A., Ouaisa, M., Boulouard, Z. (Eds.), *Akıllı Yeşil Enerji Yönetimi için Nesnelerin Yapay Zekası. Sistem, Karar ve Kontrol Çalışmaları*, cilt 446. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04851-7_1
- El-Abbadi, N., & Elyoubi, M. S. (2023). Yenilenebilir enerji üretiminin tahmini için yapay zeka kullanımına doğru. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 15(3), 143-148.
- Elahi, E., Weijun, C., Zhang, H., & Abid, M. (2019a). Tarımsal kimyasal bazlı sağlık tehlikelerini kurtarmak için yapay sinir ağlarının kullanımı: daha temiz mahsul üretimi için bir kaynak optimizasyon yöntemi. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117900. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117900>
- Elliott, S. (2024), Yapay zeka Amazon yağmur ormanlarının korunması için bir anahtar olabilir, <https://news.microsoft.com/source/latam/features/ai/amazon-ai-rainforest-deforestation/?lang=en>
- Emaminejad, N., & Akhavian, R. (2022). Güvenilir yapay zeka ve robotik: AEC endüstrisi için çıkarımlar. *Automation in Construction*, 139, 104298. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104298>
- Estier, M., Cleeland, B., & Stauffer, M. (2024) Gelişmekte olan küçük adalar için güvenli ve faydalı yapay zeka Eyaletler, <https://drive.google.com/file/d/1tdsZcdrgQ-oQV7ydcRqXpTIGa-5TuL4m/view?usp=sharing>
- Etmına, A., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Shooshtari, L., Yousefiazarkhanian, M., & Moradkhani, H. (2019). Yapay sinir ağı (YSA) kullanarak en iyi kuraklık tolerans indekslerinin belirlenmesi: Akıllı tarımın agronomi ve bitki ıslahında uygulanmasına ilişkin içgörü. *Cereal Research Communications*, 47(1), 170-181. <https://doi.org/10.1556/0806.46.2018.068>
- Avrupa Birliği Yapay Zeka Yasası. (2024). Yapay Zeka Yasasının Üst Düzey Özeti. Mayıs 6, 2024 tarihinde <https://artificialintelligenceact.eu/high-level-summary/> adresinden alındı.
- Avrupa Komisyonu. (2023). Ormansızlaştırma içermeyen ürünlere ilişkin yönetmelik. AB vatandaşlarının tükettiği ürünlerin dünya çapında ormansızlaşmaya veya ormanların bozulmasına katkıda bulunmamasını garanti altına almak için AB kuralları. Ağustos 13, 2024 tarihinde https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en adresinden alındı.
- FAIR Forward. (2023). Yüksek Karbon Stoku Yaklaşımı: Endonezya'da İklim Değişikliği ile Mücadele ve Geçim Kaynaklarının Korunması için Ormanların Haritalanması. Erişim adresi: <https://www.bmz-digital.global/en/high-carbon-stock-approach-mapping-forests-to-combat-climate-change-and-protect-livelihoods-in-indonesia/>
- Fang, J., Ma, Z., Zheng, W., Zhou, Z., & Li, H. (2023). Enerji yönetim sistemlerinde yapay zeka: Bir inceleme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 111954. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.111954>

- Farghali, M., Osman, A. I., Mohamed, I. M. A., Chen, Z., Chen, L., Ihara, I., Yap, P.-S., & Rooney, D. W. (2023). Enerji krizi bağlamında enerji tasarrufu stratejileri: bir inceleme. *Environmental Chemistry Letters*. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01591-5>
- Farghali, M., Osman, A. I., Mohamed, I. M. A., Chen, Z., Chen, L., Ihara, I., Yap, P.-S., & Rooney, D. W. (2023). Enerji krizi bağlamında enerji tasarrufu stratejileri: Bir inceleme. *Environmental Chemistry Letters*. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01591-5>
- Farh, H. M. H., Al-Shamma'a, A. A., Al-Shaalan, A. M., Alkuhayli, A., Noman, A. M., & Kandil, T. (2022). Yeni Bonobo optimizier kullanılarak şebekeden bağımsız hibrit yenilenebilir enerji sistemi için teknik ve ekonomik değerlendirme. *Sustainability*, 14(3), 1533. <https://doi.org/10.3390/su14031533>
- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Enerji için akıllı binalarda Yapay Zeka evrimi. *Uygulamalı Bilimler*, 11, 763. <https://doi.org/10.3390/app11020763>
- Fatimidokht, H., Rafsanjani, M. K., Gupta, B. B., & Hsu, C. H. (2021). Akıllı ulaşım sistemlerinde araçsal ad hoc ağlar için İHA destekli yapay zeka algoritmalarına dayalı verimli ve güvenli yönlendirme protokolü. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22, 4757- 4769. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3041746>
- Filho, W. L., Ha'apio, M. O., Lütz, J. M., & Li, C. (2020). "Küçük ada devletleri için bir kalkınma sorunu olarak iklim değişikliğine uyum: Solomon Adaları'ndan bir vaka çalışması." *Environmental Science & Policy*, 107, 179-187.
- Franzen, M., Kloetzer, L., Ponti, M., Trojan, J., & Vicens, J. (2021). Vatandaş biliminde makine öğrenimi: Vaatler ve çıkarımlar. Vohland, K., ve diğerleri (der.), *Yurttaş Bilimi Bilimi içinde*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_10
- Fritz, S., See, L., Carlson, T., Haklay, M. (M.), Oliver, J. L., Fraisl, D., Mondardini, R., Brocklehurst, M., Shanley, L. A., Schade, S., Wehn, U., Abrate, T., Anstee, J., Arnold, S., Billot, M., Campbell, J., Espey, J., Gold, M., Hager, G., He, S., Hepburn, L., Hsu, A., Long, D., Masó, J., ... West, S. (2019). Vatandaş bilimi ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri. *Nature Sustainability*, 2, 922-930. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0390-3>
- Fuhr, H., Hickmann, T., & Kern, K. (2018). Çok düzeyli iklim yönetişiminde şehirlerin rolü: Yerel iklim politikaları ve 1,5°C hedefi. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 30(1), 1-6.
- Galaz, V., Metzler, H., Daume, S., Olsson, A., Lindström, B., & Marklund, A. (2023). Yanlış bilgi ikliminde iklim yanlış bilgisi (Araştırma özeti). Stockholm Resilience Centre (Stockholm Üniversitesi) ve Beijer Ekolojik Ekonomi Enstitüsü (İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi).
- Galán Hernández, J. J., Carrasco González, R. A., & Marín Díaz, G. (2024). İklim değişikliğiyle mücadelede yapay zekaya yönelik artan bilimsel ilgi: Bibliyometrik bir analiz. D. B. Ibáñez, L. M. Castro, A. Espinosa, I. Puentes-Rivera, & P. C. López-López (Eds.), *Communication and Applied Technologies içinde*. ICOMTA 2023. Akıllı İnovasyon, Sistemler ve Teknolojiler (Cilt 375). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7210-4_13
- Gazzea, M., Miraki, A., Alisan, O., & et al. (2023). Çoklu tehlike afet risklerini dikkate alan trafik izleme sistemi tasarımı. *Scientific Reports*, 13, 4883. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32086-6>

- Ghaffarian, S., Taghikhah, F. R., & Maier, H. R. (2023). Afet risk yönetiminde açıklanabilir yapay zeka: Başarılar ve muhtemel gelecekler. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 98, 104123. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104123>
- Gimpel, L. (2024). Dijital Kamu Malları Olarak Açık Kaynak Yapay Zeka Sistemlerine Doğru: Tanımlar, Umutlar ve Zorluklar. İçinde: *Yapay Zeka Çağında Bilimde Yeni Sınırlar*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-61187-2>
- Goldblum, M., Tsipras, D., Xie, C., Chen, X., Schwarzschild, A., Song, D., Madry, A., Li, B., & Goldstein, T. (2022). Makine öğrenimi için veri kümesi güvenliği: Veri zehirlleme, arka kapı saldırıları ve savunmalar. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(2), 1563-1580.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2020). Üretken düşman ağları. *ACM İletişim*, 63(11), 139-144. <https://doi.org/10.1145/3422622>
- Gooding, M. (2024). *Microsoft ve G42 Kenya'da jeotermal enerjili veri merkezi inşa edecek*. Veri Merkezi Dinamikleri. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/microsoft-and-g42-to-build-geothermal-powered-data-center-in-kenya/> .adresinden alındı
- Gopalan, S. S., Raza, A., & Almobaideen, W. (2020). Yapay zeka kullanarak sağlık hizmetlerinde IoT güvenliği: Bir anket. 2020 Uluslararası İletişim, Sinyal İşleme ve Uygulamaları Konferansı (ICCSPA), Sharjah, Birleşik Arap Emirlikleri, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCSPA49915.2021.9385711>
- Goralski, M. A., & Tan, T. K. (2020). Yapay zeka ve sürdürülebilir kalkınma. *International Journal of Management Education*, 18, Article 100330. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100330>
- Grames, E., & Forister, M. L. (2024). Trofik seviyeler arasında iklim değişkeni seçimi için seyrek modelleme. *Ecology*, 105(3), e4231. <https://doi.org/10.1002/ecy.4231>
- Guiqiang, L., Jin, Y., Akram, M. W., Chen, X., & Ji, J. (2018). Kısmi gölgeleme koşulları altında PV sistemleri için maksimum güç noktası takibinde biyo-esinlenmiş algoritmaların uygulanması - Bir inceleme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 840-873. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.034>
- Gunasekar, S., Zhang, Y., Aneja, J., ve diğerleri (2023). *İhtiyacınız Olan Tek Şey Ders Kitapları*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.11644>
- Guo, W., Qureshi, N. M. F., Jarwar, M. A., Kim, J., & Shin, D. R. (2023). Yapay zeka odaklı akıllı güç sistemi geçici kararlılığı: rasyonellik, uygulamalar, zorluklar ve gelecekteki fırsatlar. *Sürdürülebilir Enerji Teknolojileri ve Değerlendirmeleri*, 56, 102990. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102990>
- Gupta, J., & van der Heijden, J. (2019). Giriş: Çevre yönetimine yönelik işbirlikçi yaklaşımlarda bilgi ve yönetişimin birlikte üretimi. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 39, 45-51.
- Gupta, M. (2021). Yeşil İKY uygulamalarının benimsenmesinde yapay zekanın rolü. *Reinventing manufacturing and business processes through artificial intelligence içinde* (1. baskı, s. 18). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003145011>
- Gupta, S., & Li, L. (2022). CO2 tutma, depolama, taşıma ve kullanıma dayalı süreçlerin iyileştirilmesi için makine öğreniminin potansiyeli: Kısa bir bakış açısı. *JOM*, 74, 414-428. <https://doi.org/10.1007/s11837-021-05079-x>

- Gupta, S., Modgil, S., Kumar, A., Sivarajah, U., & Irani, Z. (2022). Afet, aşırı hava koşulları ve acil durum operasyonlarını yönetmek için yapay zeka ve bulut tabanlı işbirlikçi platformlar. *Uluslararası Üretim Ekonomisi Dergisi*, 254, 108642. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108642>
- Guzder-Williams, B., Mackres, E., Angel, S., Blei, A., & Lamson-Hall, P. (2023). Sentinel-2 uydu görüntülerinden ve bilgisayar görüşünden küresel bir şehir örneği için şehir içi arazi kullanım haritaları. *Bilgisayarlar, Çevre ve Kentsel Sistemler*, 100, Makale 101917. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2022.101917>
- Habbal, A., Ali, M. K., & Abuzaraida, M. A. (2024). Yapay Zeka Güven, Risk ve Güvenlik Yönetimi (AI TRiSM): Çerçeveler, uygulamalar, zorluklar ve gelecekteki araştırma yönleri. *Expert Systems with Applications*, 240, 122442. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122442>
- Hannan, M. A., Al-Shetwi, A. Q., Ker, P. J., Begum, R. A., Mansor, M., Rahman, S. A., Dong, Z. Y., Tiong, S. K., Mahlia, T. M. I., & Muttaqi, K. M. (2021). Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada yenilenebilir enerji kullanımı ve yapay zekanın etkisi. *Energy Reports*, 7, 5359-5373. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.172>
- Haq, B., Jamshed, M. A., Ali, K., Kasi, B., Arshad, S., Kasi, M. K., Ali, I., Shabbir, A., Abbasi, Q. H., & Ur-Rehman, M. (2024). Teknoloji Odaklı Orman Koruma: Nesnelerin İnterneti, Yapay Zeka ve Uzaktan Algılama ile Ormansızlaşma ile Mücadele. *IEEE Nesnelerin İnterneti Dergisi*. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2024.3378671>
- Harish, V., Sharma, R., Rana, G., & Nayyar, A. (2023). Sürdürülebilir Eğitimde Yapay Zeka: Faydalar, Uygulamalar, Çerçeve ve Potansiyel Engeller. *Eğitimin Geliştirilmesinde Sürdürülebilirlik ve Yapay Zekanın Rolü* içinde (1. baskı). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781003425779>
- Havukainen, M., Mikkilä, M., & Kahiluoto, H. (2022). Bir müşterek olarak küresel iklim - En az gelişmiş ülkelerde iklim değişikliği konusunda karar verme. *Environmental Science & Policy*, 136, 761-771. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.08.003>
- Helo, P., & Hao, Y. (2022). Operasyon Yönetimi ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Yapay Zeka: Keşifsel Bir Vaka Çalışması. *Production Planning & Control*, 33(16), 1573-1590.
- Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Makine öğreniminin enerji ve karbon ayak izlerinin sistematik olarak raporlanmasına doğru. *Journal of Machine Learning Research*, 21(1), 10039-10081. <https://www.jmlr.org/papers/v21/20-048.html>
- Hirn, J., García, J. E., Montesinos-Navarro, A., Sánchez-Martin, R., Sanz, V., & Verdú, M. (2022). Türlerin bir arada yaşama modellerini tahmin etmek için derin üretken bir yapay zeka sistemi. *Methods in Ecology and Evolution*, 13, 1052-1061. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13827>
- Hsu, Y.-C., Huang, T.-H. K., Verma, H., Mauri, A., Nourbakhsh, I., & Bozzon, A. (2022). Yerelin güçlendirilmesi topluluklar kullanarak yapay İstihbarat. *Desenler*, 3(3), 100449. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100449>
- Huang, J. Bibri, S.E., & Keel, P: (2024), Sürdürülebilir Akıllı Şehirler için Üretken Mekânsal Yapay Zekâ: Kentsel Dijital İkiz için Öncü Bir Büyük Akış Temel Modeli, *Uluslararası Kent Bilimleri Dergisi* (baskıda).

Huynh-The, T., Pham, Q. V., Pham, X. Q., Nguyen, T. T., Han, Z., & Kim, D.-S. (2023). Metaverse için yapay zeka: Bir araştırma. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 117, 105581. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.10336>

Ibarreche, J., Aquino, R., Edwards, R. M., Rangel, V., Pérez, I., Martínez, M., Castellanos, E., Álvarez, E., Jimenez, S., Rentería, R., ve diğerleri (2020). Meksika, Colima'da ani sel erken uyarı sistemi. *Sensors*, 20(18), 5231. <https://doi.org/10.3390/s20185231>

IEA. (2024a). Yönetici özeti, <https://www.iea.org/reports/electricity-2024/executive-summary>

IEA. (2024b). Küresel elektrik talebi, dünyanın dört bir yanındaki enerji sistemlerinde artan rolünü yansıtarak bu yıl ve gelecek yıl güçlü bir şekilde artacak. <https://www.iea.org/news/global-electricity-demand-set-to-rise-strongly-this-year-and-next-reflecting-its-expanding-role-in-energy-systems-around-the-world>

Uluslararası Öğrenme Temsilleri Konferansı (ICLR 2024). İşiniz iklim için neden düşündüğünüzden daha fazla önem taşıyor. <https://iclr.cc/virtual/2024/invited-talk/21797>

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). (2021). İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Altıncı Değerlendirme Raporuna Çalışma Grubu I'nın Katkısı (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, ... & B. Zhou, Eds.). Cambridge Üniversitesi Yayınları. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). (2014). İklim Değişikliği 2014: Sentez Raporu. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporuna Çalışma Grupları I, II ve III'ün Katkısı (R. K. Pachauri & L. A. Meyer, Eds.). IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU). (2024a). Doğal Afet Yönetimi için Yapay Zeka Odak Grubu. Temmuz 18, 2024 tarihinde <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ai4ndm/Pages/default.aspx> adresinden alındı.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU). (2024b). *COP28'de Yeşil Dijital Eylem.*

<https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/MA-2023-11-30-ITUs-green-digital-action-at-COP28.aspx> .adresinden alındı

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITUc). (2024c). *Oturum 368: Yeşil Dijital Eylem - Yapay Zekanın İklim Değişikliği Azaltma ve Sürdürülebilirlikteki Rolü.* WSIS Forum 2024. <https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2024/Agenda/Session/368> adresinden alındı.

Uluslararası Öğrenme Temsilleri Konferansı (ICLR 2024). İşiniz iklim için neden düşündüğünüzden daha fazla önem taşıyor. <https://iclr.cc/virtual/2024/invited-talk/21797>

Isabelle, D. A., & Westerlund, M. (2022). Yaban Hayatı, Okyanus ve Arazinin Korunmasında Yapay Zeka Temelli Fırsatların İncelenmesi ve Sınıflandırılması. *Sürdürülebilirlik*, 14, Makale 1979. <https://doi.org/10.3390/su14041979>

Ishida, K., Tsujimoto, G., Ercan, A., Tu, T., Kiyama, M., & Amagasaki, M. (2020). Uzun kısa süreli bellekli sinir ağı kullanarak değişen iklimde saatlik ölçekte kıyı deniz seviyesi modellenmesi. *Science of The Total Environment*, 720, 137613. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137613>

Jada, I., & Mayayise, T. O. (2024). Yapay zekanın kurumsal siber güvenlik üzerindeki etkisi: Sistematik bir literatür taramasının sonucu. *Veri ve Bilgi Yönetimi*, 8(2), 100063. <https://doi.org/10.1016/j.dim.2023.100063>

- Jahanger, A., Ozturk, I., Chukwuma Onwe, J., Joseph, T. E., & Razib Hossain, M. (2023). Teknoloji ve yenilenebilir enerji, enerji verimliliğine ve karbon nötrlüğüne katkıda bulunuyor mu? İlk on imalatçı ülkeden kanıtlar. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56, 103084. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103084>
- Jain, H., Dhupper, R., Shrivastava, A., & et al. (2023). İklim değişikliğine uyum için yapay zeka destekli stratejiler: Toplulukları, altyapıyı ve işletmeleri iklim değişikliğinin etkilerinden korumak. *Computational Urban Science*, 3(25). <https://doi.org/10.1007/s43762-023-00100-2>
- Jain, H., Vikram, A., Mohana, A., Kashyap, A., & Jain, A. (2020). Güvenlik uygulamaları için yapay zeka ve derin öğrenme kullanarak silah tespiti. 2020 Uluslararası Elektronik ve Sürdürülebilir İletişim Konferansı Sistemleri (ICESC), Coimbatore, Hindistan, 193-198. <https://doi.org/10.1109/ICESC48915.2020.9155832>
- Jakubik, J., Roy, S., Phillips, C. E., Fraccaro, P., Godwin, D., Zadrozny, B.,.....Ramachandran, R. (2023). Genelci Jeo-uzamsal Yapay Zeka için Temel Modeller. arXiv:2310.18660 [cs.CV]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.18660>
- Janowicz, K. (2023). GeoAI'nin felsefi temelleri: GeoAI ve mekansal veri biliminde sürdürülebilirlik, çeşitlilik ve önyargıların araştırılması. *Handbook of Geospatial Artificial Intelligence içinde* (s. 26-42). CRC Press.
- Jeon, D. J., Ki, S. J., Cha, Y., Park, Y., & Kim, J. H. (2018). İklim değişikliği senaryolarına göre bir tarım havzası için en iyi yönetim uygulamalarının performanslarının değerlendirilmesine yönelik yeni metodoloji: Deterministik ve karar destek modellerinin hibrit kullanımı. *Ecological Engineering*, 119, 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.006>
- Jeon, S., & Kim, J. (2024). İklim ve hava değişikliğini tahmin etmek için yapay zeka. *JMST Advances*, 6, 67-73. <https://doi.org/10.1007/s42791-024-00068-y>
- Jeong, J., & Choi, J. (2022). Çevresel kimyasalların yapay zeka tabanlı toksisite tahmini: Kimyasal yönetim uygulamaları için gelecekteki yönler. *Environmental Science & Technology*, 56(12), 7532-7543. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c07413>
- Jha, S. K., Bilalovic, J., Jha, A., Patel, N., & Zhang, H. (2017). Yenilenebilir enerji: Yapay Zekanın mevcut araştırması ve gelecekteki kapsamı. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 297-317. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.018>
- Jia, X., Cao, Y., O'Connor, D., Zhu, J., Tsang, D. C. W., Zou, B., & Hou, D. (2021). Arsenikle kirlenmiş bir tarım arazisinde drone görüntü tanıma ve makine öğrenimi kullanarak toprak kirliliğinin haritalanması. *Environmental Pollution*, 270, 116281. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116281>
- Jin, W., Atkinson, T. A., Doughty, C., Neupane, G., Spycher, N., McLing, T. L., Dobson, P. F., Smith, R., & Podgorney, R. (2022). Makine öğrenimi destekli yüksek sıcaklıklı rezervuar termal enerji depolama optimizasyonu. *Renewable Energy*, 197, 384-397. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.118>
- Jithendra, T., & Basha, S. S. (2023). Metasezgisel optimizasyon kullanarak hibrit YSA ve ANFIS ile yeraltı suyu seviyesinin analiz edilmesi. *Earth Science Informatics*, 16, 3323-3353. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01097-2>
- John, J. E., & Pramila, S. (2024). Yeşil İKY uygulamalarını teşvik etmek için yapay zeka araçlarının İKY'ye entegre edilmesi. İçinde M. S. Kaiser, J. Xie, & V. S. Rathore (Eds.), *ICT: Akıllı sistemler ve teknolojiler. ICTCS 2023. Ders*

- Ağlar ve sistemlerde notlar (Cilt 878). Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9489-2_22
- Jones, E. C., & Leibowicz, B. D. (2019). Paylaşılan otonom araçların iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıları. *Ulaşım Araştırmaları Bölüm D: Transport and Environment*, 72, 279-298. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.05.005>.
- Jordan, A., Wurzel, R. K., & Zito, A. R. (2012). Hâlâ hükümetin yüzyılı mı? İklim değişikliği karşısında küresel yönetim. *Uluslararası Çevre Anlaşmaları: Siyaset, Hukuk ve Ekonomi*, 12(3), 277-297.
- Joseph, A., Chandra, J., & Siddharthan, S. (2021). Yapay zeka kullanarak hassas tarım için genom analizi: bir anket. *Veri Bilimi ve Güvenliği*, 132, 221-226. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5309-7_23
- Joshi, K., Kumar, V., Anandaram, H., Kumar, R., Gupta, A., & Krishna, K. H. (2023). Bilgisayarla görmede derin öğrenme algoritmaları üzerine bir inceleme yaklaşımı. *Intelligent Systems and Applications in Computer Vision içinde* (1. baskı, s. 15). CRC Press.
- Jualayba, M., Regio, K., Quiozon, H., & Destreza, A. (2018). Tehlikeli Gaz Tespit ve Bildirim Sistemi. 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM) (pp. 1-4). Baguio City, Filipinler. <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2018.8666358>
- Jung, J., Maeda, M., Chang, A., Bhandari, M., Ashapure, A., & Landivar-Bowles, J. (2021). Tarımsal üretim sistemlerinin dayanıklılığını artırmaya yönelik araçlar olarak uzaktan algılama ve yapay zekanın potansiyeli. *Current Opinion in Biotechnology*, 70, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.09.003>
- Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F., & Rolnick, D. (2022). Yapay zekayı iklim değişikliğinin azaltılmasıyla uyumlu hale getirmek. *Nature Climate Change*, 12(6), 518-527.
- Kaack, L., Donti, P., Strubell, E., & Rolnick, D. (2020). Yapay zeka ve iklim değişikliği: Yapay zekayı iklim değişikliği hedefleriyle uyumlu hale getirmek için fırsatlar, hususlar ve politika kaldıraçları.
- Kadow, C., Hall, D. M., & Ulbrich, U. (2020). Yapay zeka eksik iklim bilgilerini yeniden yapılandırıyor. *Nature Geoscience*, 13(408-413). <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0582-5>
- Kagabo J, Kattel GR, Kazora J, Shangwe CN, Habiyaakare F. Ruanda'daki Aşırı Yağış Olaylarının Tahmininde Makine Öğrenimi Algoritmalarının Uygulanması. *Atmosfer*. 2024; 15(6):691. <https://doi.org/10.3390/atmos15060691>.
- Kakani, V., Nguyen, V. H., Kumar, B. P., Kim, H., & Pasupuleti, V. R. (2020). Gıda endüstrisinde bilgisayarla görme ve yapay zeka üzerine eleştirel bir inceleme. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100033. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100033>.
- Kalischek, N., Lang, N., Renier, C., Daudt, R. C., Addoah, T., Thompson, W., Blaser-Hart, W. J., Garrett, R., Schindler, K., & Wegner, J. D. (2023). Kakao plantasyonları Fildişi Sahili ve Gana'da ormansızlaşma ile ilişkilidir. *Nature Food*, 4(5), 384-393. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00751-8>
- Kandlhofer, M., Weixelbraun, P., Menzinger, M., Steinbauer-Wagner, G., & Kemenesi, Á. (2023). Yapay Zeka için Eğitim ve Farkındalık. J. P. Pellet & G. Parriaux (Eds.), *Informatics in*

- Okullar. Bits ve Bytes'ın Ötesinde: Eğitimde Bilişim Zekasının Geliştirilmesi. ISSEP 2023. Bilgisayar Bilimleri Ders Notları (Cilt 14296). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44900-0_1
- Karadayi-Usta, S. (2024). Tüketici perspektifinden moda endüstrisinde yapay zeka ve artırılmış gerçekliğin rolü: Atık ve getiri azaltımı yoluyla sürdürülebilirlik. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 133(Part A), 108114. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.108114>
- Kasinidou, M. (2023). Halk için Yapay Zeka Okuryazarlığını Teşvik Etmek. İçinde 54. ACM Bilgisayar Bilimleri Eğitimi Teknik Sempozyumu Bildirileri V. 2 (SIGCSE 2023). Association for Computing Machinery, New York, NY, ABD, 1237. <https://doi.org/10.1145/3545947.3573292>
- Kerins, P., Nilson, E., Mackres, E., Rashid, T., Guzder-Williams, B., & Brumby, S. (2020). Makine öğrenimi yoluyla kentsel arazi kullanımının mekansal karakterizasyonu. *Teknik Not. Dünya Kaynakları Enstitüsü*, Washington, DC.
- Klinger, D., & Yoshioka, J. (2024). Climate-Smart Shrimp Fund. <https://www.climatefinancelab.org/ideas/climate-smart-shrimp-fund/>
- Khajwal, A. B., Cheng, C.-S., & Noshadravan, A. (2022). Afet sonrası güvenilir hasar sınıflandırması için çoklu görünüm derin öğrenme. 13. Uluslararası Yapısal Sağlık İzleme Çalıştayı (IWSHM 2021). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.03419>
- Khalilpourazari, S., & Pasandideh, S. H. R. (2021). Sağlam optimizasyon ve yapay zeka kullanarak acil sel tahliye planlarının tasarlanması. *Journal of Combinatorial Optimization*, 41(3), 640-677. <https://doi.org/10.1007/s10878-021-00699-0>
- Khalilpourazari, S., Khalilpourazary, S., Özyüksel Çiftçioğlu, A., & Weber, G.-W. (2021). Sağlam optimizasyon ve yapay zeka ile enerji verimli yüksek hassasiyetli çok geçişli tornalama süreçlerinin tasarlanması. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 1621-1647. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01648-0>
- Khosravi, A., Nunes, R. O., Assad, M. E. H., & Machado, L. (2018). Günlük küresel güneş radyasyonunun tahmininde yapay zeka yöntemlerinin karşılaştırılması. *Journal of Cleaner Production*, 194, 342-358. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.147>
- Kiba, M., Mrówczyńska, M., & Bazan-Krzywoszańska, A. (2017). Şehir kalkınma politikası ile enerji verimliliğinin artırılması arasındaki ekonomik bağımlılığın sinir ağları ile modellenmesi. Örnek olay incelemesi: Zielona Góra'nın kasabası. *Applied Energy*, 188, 356-366. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.006>. Makaleye bağlantı
- Kim, S. S., Shin, D. Y., Lim, E. T., Jung, Y. H., & Cho, S. B. (2022). Yapay zeka ve drone haritalama kullanarak afet hasar araştırması. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2022, 1109-1114. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-1109-2022>
- Kingma, D. P., & Dhariwal, P. (2018). Glow: Ters çevrilebilir 1x1 konvolüsyonlarla üretken akış. *arXiv ön baskı* arXiv:1807.03039.
- Koffka, K. (2023). Akıllı Nesneler: AIoT Teknolojilerini ve Uygulamalarını Keşfetmek [Kindle Edition].

- Kopelias, P., Demiridi, E., Vogiatzis, K., Skabardonis, A., & Zafiropoulou, V. (2020). Bağlantılı ve otonom araçlar - Çevresel etkiler - Bir inceleme. *Science of The Total Environment*, 712, 135237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135237>
- Kouakou, D. C. M., & Szego, E. (2024). Yapay Zeka Teknolojilerinin Savunma Faaliyetlerine Entegrasyonunun ve Ulusal İnovasyon Sistemi Performansının Geliştirilmesine Etkisinin Değerlendirilmesi. <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/120617/>
- Kumar, A., & Davenport, T. (2023, 20 Temmuz). Üretken yapay zeka nasıl daha çevreci hale getirilir? Harvard Business Review. <https://hbr.org/2023/07/how-to-make-generative-ai-greener>
- Kuglitsch, M. M., Pelivan, I., Ceola, S., Menon, M., & Xoplaki, E. (2022). İşbirliği yoluyla doğal afet yönetiminde yapay zekanın benimsenmesini kolaylaştırmak. *Nature Communications*, 13, 1579. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29285-6>
- Kuglitsch, M., Albayrak, A., Aquino, R., Craddock, A., Edward-Gill, J., Kanwar, R., Koul, A., Ma, J., Marti, A., Menon, M., Pelivan, I., Toreti, A., Venguswamy, R., Ward, T., Xoplaki, E., Rea, A., & Luterbacher, J. (2022). Afet Riskinin Azaltılması için Yapay Zeka: Fırsatlar, zorluklar ve beklentiler. *WMO Bulletin*, 71(1).
- Kumar, D., & Kumar, K. P. (2023). Makine öğrenmesi yaklaşımı kullanılarak finansal kurumlarda yapay zeka tabanlı siber güvenlik tehditlerinin belirlenmesi. 2023 2nd International Conference for Innovation in Technology (INOCON), Bangalore, India, 1-6. <https://doi.org/10.1109/INOCON57975.2023.10100967>
- Kurekin, A. A., Loveday, B. R., Clements, O., Quartly, G. D., Miller, P. I., Wiafe, G., & Adu Agyekum, K. (2019). Uydu yer gözlemi ve AIS verilerinden yararlanarak Gana'da yasadışı balıkçılığın operasyonel olarak izlenmesi. *Uzaktan Algılama*, 11(293).
- Kushwaha, O. S., Uthayakumar, H., & Kumaresan, K. (2023). Mikroalgler tarafından karbondioksit fiksasyonunun hibrit yapay zeka (AI) ve bulanık mantık (FL) yöntemleri kullanılarak modellenmesi ve genetik algoritma (GA) ile optimizasyonu. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 24927-24948. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19683-0>
- Lacoste, A., Luccioni, A., Schmidt, V., & Dandres, T. (2019). Makine Öğreniminin Karbon Emisyonlarının Ölçülmesi. *arXiv:1910.09700*.
- Lang, N., Schindler, K., & Wegner, J. D. (2021). Optik uydu görüntüleri ve uzay kaynaklı LIDAR ile büyük ölçekte yüksek karbon stoku haritalaması. *arXiv:2107.07431*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.07431>
- Lang, N., Jetz, W., Schindler, K., & Wegner, J. D. (2023). Dünya'nın yüksek çözünürlüklü bir gölgelik yükseklik modeli. *Nature Ecology & Evolution*, 7(1778-1789). <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6>
- Lannelongue, L., Grealey, J., & Inouye, M. (2021). Yeşil Algoritmalar: Hesaplamanın karbon emisyonlarının ölçülmesi. *Advanced Science*, 8(2100707). <https://doi.org/10.1002/adv.202100707>
- Leal Filho, W., Krishnapillai, M., Sidsaph, H., Nagy, G. J., Luetz, J. M., Dyer, J., Otoara Ha'apio, M., Havea, P. H., Raj, K., Singh, P. ve diğerleri (2021). Küçük Ada Devletlerinde İklim Değişikliğine Uyum: Sınırlar ve Kısıtlamalar Üzerine Bir Değerlendirme. *Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 9(6), 602. <https://doi.org/10.3390/jmse9060602>

- Leal Filho, W., Wall, T., Mucova, S. A. R., Nagy, G. J., Balogun, A.-L., Luetz, J. M., Ng, A. W., Kovaleva, M., Azam, F. M. S., & Alves, F. (2022). İklim değişikliğine uyum için yapay zeka kullanımı. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121662.
- Lee, J., & Yoo, H. J. (2021). Cihaz üzerinde derin sinir ağı eğitimi için enerji tasarruflu donanım hızlandırıcılarına genel bir bakış. *IEEE Open Journal of Solid-State Circuits Society*, 1, 115-128. <https://doi.org/10.1109/OJSSCS.2021.3119554>
- Lee, M. F. R., & Chien, T. W. (2020). Robotik afet müdahalesi için yapay zeka ve nesnelerin interneti. 2020 Uluslararası İleri Robotik ve Akıllı Sistemler Konferansı'nda (ARIS). <https://doi.org/10.1109/ARIS50834.2020.9205794>
- Li, Y., & Liu, Q. (2021). Siber saldırılar ve siber güvenlik üzerine kapsamlı bir inceleme çalışması: Ortaya çıkan trendler ve son zamanlarda gelişmeler. *Enerji Raporlar*, 7, 8176-8186. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.126>
- Li, J. X., Zhang, T., Zhu, Y., & Chen, Z. (2024). Petrol ve gaz endüstrisi için Yapay Genel Zeka (AGI): Bir inceleme. *arXiv ön baskı arXiv:2406.00594*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.00594>
- Ligozat, A.-L., Lefèvre, J., Bugeau, A., & Combaz, J. (2021). Çevre için Yapay Zeka Çözümlerinin Gizli Çevresel Etkilerini Çözmek. *arXiv:2110.11822 [cs.AI]*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.11822>
- Lima, R. M. de, Pisker, B., & Corrêa, V. S. (2023). Yapay Zekada Cinsiyet Önyargısı: Literatürün Sistematik Bir İncelemesi. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 11(2), 8-30. <https://doi.org/10.18080/jtde.v11n2.690>
- Li, Y., Skulovich, O., & Gentine, P. (2022). Zemin özelliklerinin tahmininde makine öğrenimi yöntemlerinin uygulanması ile zemin veri tabanı geliştirme. *Mühendislik Jeolojisi*, 306, 106769
- Liao, Z., Taiebat, M., & Xu, M. (2021). Araçtan şebekeye özelliğine sahip paylaşımlı otonom elektrikli araç filoları: Ekonomik uygulanabilirlik ve çevresel eş faydalar. *Applied Energy*, 302, 117500. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117500>
- Liu, Z., Janowicz, K., Currier, K., & Shi, M. (2024). GPT-4 üzerinde Doğal Dil Tabanlı Coğrafi Tahmin Deneyi ile Temel Modellerinin Coğrafi Çeşitliliğinin Ölçülmesi. *AGILE: GIScience Serisi*, 5(38). <https://doi.org/10.5194/agile-giss-5-38-2024>
- Liu, J., Jiang, X., Shi, M., & Yang, Y. (2024). Yapay Zekanın İmalat Sanayi Küresel Değer Zinciri Konumuna Etkisi. *Sustainability*, 16(3), 1341. <https://doi.org/10.3390/su16031341>
- Liu, Q., & Zhang, T. (2023). Yapay zekaya dayalı bilgisayar ağı güvenlik tespiti için derin öğrenme teknolojisi. *zeka. Bilgisayarlar ve Elektrik Mühendislik*, 110, 108813. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108813>
- Liu, Q., Ma, Y., Chen, L., Pedrycz, W., Skibniewski, M. J., & Chen, Z. S. (2024). Modüler inşaat sektöründe üretim, operasyon ve lojistik yönetimi için yapay zeka: Sistematik bir literatür taraması. *Information Fusion*, 109, 102423. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102423>
- Liu, T., Sun, Y., Wang, C., Zhang, Y., Qiu, Z., Gong, W., Lei, S., Tong, X., & Duan, X. (2021). İnsansız hava aracı ve yapay zeka, verimli ve hassas sürdürülebilir orman yönetiminde devrim yaratıyor. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127546. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127546>

- Liu, Y., Huang, X., & Liu, Y. (2024). Loess Hilly-Gully bölgesinde uzun vadeli arazi kullanımı ve ekosistem hizmetleri dinamiklerinin yapay zeka ve çoklu modellere dayalı olarak tespiti. *Journal of Cleaner Production*, 447, 141560. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141560>
- Liu, Z., Sun, Y., Xing, C., Liu, J., He, Y., Zhou, Y., & Zhang, G. (2022). Karbon nötr geçiş için çoklu enerji sistemlerinde yapay zeka destekli büyük ölçekli yenilenebilir entegrasyonları: zorluklar ve gelecek perspektifleri. *Energy AI*, 10, 100195. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100195>.
- Lopez-Gomez, I., McGovern, A., Agrawal, S., & Hickey, J. (2023). Sinirsel hava durumu modelleri kullanarak küresel aşırı sıcaklık tahmini. *Artificial Intelligence for the Earth Systems*, 2, e220035. <https://doi.org/10.1175/AIES-D-22-0035.1>
- Lotfian, M., Ingensand, J., & Brovelli, M. A. (2021). Vatandaş bilimi ve makine öğrenimi ortaklığı: Katılım, veri toplama ve veri kalitesi için faydalar, riskler ve gelecekteki zorluklar. *Sustainability*, 13(14), 8087. <https://doi.org/10.3390/su13148087>
- Lu, Y., Shen, M., Wang, H., Wang, X., van Rechem, C., Fu, T., & Wei, W. (2024). Sentetik Veri Üretimi için Makine Öğrenimi: Bir İnceleme. arXiv ön baskı arXiv:2302.04062. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.04062>.
- Luccioni, S. (2023). Üretken yapay zekanın artan insani ve çevresel maliyetleri. *Ars Technica*. <https://arstechnica.com/gadgets/2023/04/generative-ai-is-cool-but-lets-not-forget-its-human-and-environmental-costs/>
- Luers, A., Koomey, J., Masanet, E., Gaffney, O., Creutzig, F., Lavista Ferres, J., & Horvitz, E. (2024). Yapay zeka net sıfır emisyonu ulaşma yarışını hızlandıracak mı yoksa geciktirecek mi? *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-01112-3>
- Lundvall, B.-Å., & Rikap, C. (2022). Çin'in yapay zekayı yakalaması, kurumsal ve ulusal inovasyon sistemlerinin birlikte evrimi olarak görülüyor. *Research Policy*, 51(1), 104395. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104395>
- Lutoslawski, K., ve diğerleri (2021). Doğrusal Olmayan Otoregresif Dışsal Sinir Ağı Kullanarak Gıda Talebi Tahmini. *IEEE Access*, 9, 146123-146136
- Lutz, C. (2019). Yapay zeka ve büyük veri çağında dijital eşitsizlikler. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(2), 141-148. <https://doi.org/10.1002/hbe2.140>
- Lyu, W., & Liu, J. (2021). Enerji sektöründe yapay zeka ve gelişmekte olan dijital teknolojiler. *Applied Energy*, 303, 117615. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117615>
- McGovern, A., Lagerquist, R., Gagne II, D. J., Jergensen, G. E., Elmore, K. L., Homeyer, C. R., ... & Smith, T. (2022). Hava durumu ve iklim için yapay zeka modellerinde mekansal-zamansal önyargılar: Zorluklar ve fırsatlar. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(3), 185-201. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00232-5>
- McGovern, A., Ebert-Uphoff, I., Gagne, D. J., & Bostrom, A. (2022). Neden çevre bilimi için etik, sorumlu ve güvenilir yapay zeka yaklaşımları geliştirmeye odaklanmamız gerekiyor? *Çevresel Veri Bilimi*, 1, e6. <https://doi.org/10.1017/eds.2022.5>

- Mahadevkar, S., Khemani, B., Patil, S., Kotecha, K., Vora, D., Abraham, A., & Gabralla, L. (2022). Bilgisayarla görmede makine öğrenimi stilleri üzerine bir inceleme: Teknikler ve gelecekteki yönler. *IEEE Access*, 10, 107293-107329. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3209825>
- Mahmood, A., Bennamoun, M., An, S., Soheli, F., Boussaid, F., Hovey, R., Kendrick, G., & Fisher, R. B. (2017). Mercan Sınıflandırması için Derin Öğrenme. P. Samui, S. Sekhar, & V. E. Balas (der.), *Handbook of Neural Computation içinde* (s. 383-401). Academic Press.
- Maitra, S. (2020). Yapay zeka ve yerli perspektifler: Akıllı insanları korumak ve güçlendirmek. İçinde 2020 Yapay Zeka ve Etik Topluluğu Konferansı Bildirileri (AIES'20) (s. 320-326). <https://doi.org/10.1145/3375627.3375845>
- Mannuru, N. R., Shahriar, S., Teel, Z. A., Wang, T., Lund, B. D., Tijani, S., Pohboon, C. O., Agbaji, D., Alhassan, J., Galley, J., Kousari, R., Ogbadu-Oladapo, L., Saurav, S. K., Srivastava, A., Tummuru, S. P., Uppala, S., & Vaidya, P. (2023). Gelişmekte olan ülkelerde yapay zeka: Üretken yapay zeka (AI) teknolojilerinin kalkınma için etkisi. *Bilgi Gelişimi*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/02666669231200628>
- Marasinghe, R., Yiğitcanlar, T., Mayere, S., Washington, T., & Limb, M. (2024). Kentsel planlama için bilgisayarla görme uygulamaları: Fırsatlar ve kısıtlamalar üzerine sistematik bir inceleme. *Sustainable Cities and Society*, 100, 105047. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105047>
- Marcot, B. G., Steventon, J. D., Sutherland, G. D., & McCann, R. K. (2006). Ekolojik modelleme ve korumaya uygulanan Bayesian inanç ağlarının geliştirilmesi ve güncellenmesi için kılavuzlar. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(12), 3063-3074.
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Küresel veri merkezi enerji kullanımı tahminlerinin yeniden kalibre edilmesi: Enerji kullanımındaki büyüme, akıllı politikaların yakın vadede sürdürülmesine yardımcı olabileceği verimlilik kazanımları sayesinde yavaşlamıştır. *Science*, 367(6481), 984-986. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>
- McClure, E. C., Sievers, M., Brown, C. J., Buelow, C. A., Ditria, E. M., Hayes, M. A., Pearson, R. M., Tulloch, V. J. D., Unsworth, R. K. F., & Connolly, R. M. (2020). Yapay zeka vatandaş bilimi ile buluşuyor to supercharge ecological monitoring. *Patterns*, 1(8), 100109. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100109>
- McCormack, J., & Grierson, M. (2024). Üretken yapay zeka ile simülasyonlar oluşturmak. D. Del Favero, S. Thurow, M. J. Ostwald, & U. Frohne (der.), *İklim felaketlerine hazırlık. Sanat, araştırma, inovasyon ve toplum* (s. [biliniyorsa belirli sayfa aralığını giriniz]). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56114-6_11
- Akdeniz ve Pan-Avrupa Doğal Tehlikelere Karşı Tahmin ve Erken Uyarı Sistemi (MedEWSa). (2024). Etiyopya'nın Milli Parklarını Güçlendirmek: Orman yangınlarına ve aşırı hava koşullarına karşı dayanıklılık oluşturmak. Temmuz 20, 2024 tarihinde <https://www.medewsa.eu> adresinden alındı.
- Mertikas, S. P., Partsinevelos, P., Mavrocordatos, C., & Maximenko, N. A. (2021). Uzaktan algılamanın çevresel uygulamaları. *Uygulamalı bilimler ve mühendislikte sürdürülebilir uygulamalar için kirlilik değerlendirmesi içinde* (s. 107-163).
- Mhlanga D (2023) Gelişmekte olan piyasalarda enerji tüketimi ve üretimi için yapay zeka ve makine öğrenimi: bir inceleme. *Energies* 16:745. <https://doi.org/10.3390/en16020745>

- Microsoft Haber Merkezi (2023), UNFCCC, yapay zeka ve gelişmiş veri teknolojilerini kullanmak için Microsoft ile iş birliği yapıyor parça küresel karbon emisyonları ve değerlendirmek ilerleme altında ve Paris Anlaşması, <https://news.microsoft.com/2023/11/29/unfccc-partners-with-microsoft-to-use-ai-and-advanced-data-technology-to-track-global-carbon-emissions-and-assess-progress-under-the-paris-agreement/>
- Microsoft (2022). <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2022/11/07/climate-data-divide-global-south/>
- Mohamadi, A., Heidarizadi, Z., & Nourollahi, H. (2016). Sinirsel sınıflandırma ve nesne yönelimli teknikler kullanarak çölleşme eğiliminin değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. <http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.75819>
- Mohammadi, V., & Minaei, S. (2019). Üretim Sürecinde Yapay Zeka. A. M. Grumezescu & A. M. Holban (der.), *İçecek Endüstrisinde Mühendislik Araçları içinde* (s. 27-63). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815258-4.00002-0>
- Mohan, P. (2022). NDC uygulamasını geliştirmek için Karayip SIDS'lerinde ulusal REDD+ girişimleri. Orman Politikası ve Ekonomisi, 144, 102844.
- Mohan, P. S. (2023). Karayip SIDS'lerinde iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonun finansmanı. PLOS Climate. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000167>
- Mohan, P., Strobl, E., & Watson, P. (2017). Karayipler'de inovasyonun önündeki engeller ve firma verimliliği. G. Crespi, S. Dohnert, & A. Maffioli (der.), *Gelişmekte olan ülkelerde firma düzeyinde inovasyon ve üretkenliğin araştırılması: Karayip küçük devletleri perspektifi* (s. 9-28). Washington, DC: Inter- American Development Bank.
- Mokhtarzad, M., Eskandari, F., Vanjani, N. J., & Arabasadi, A. (2017). YSA, ANFIS ve DVM ile kuraklık tahmini ve modellerin karşılaştırılması. Environmental Earth Sciences, 76(21), 729.
- Molino, J. N. (2023). Çevrenin korunması için yapay zeka ve yerel bilginin entegrasyonuna ilişkin dinler arası görüşler. Religion and Social Communication, 21(1). <https://doi.org/10.62461/JNM110723>
- Muldoon, J., & Wu, B. A. (2023). Sömürgeci İktidar Matrisinde Yapay Zeka. Philosophy & Technology, 36(4), 80. <https://doi.org/10.1007/s13347-023-00687-8>
- Mura, M.T.D. (2024), Erken uyarı sistemleri: riskleri azaltmak için yapay zekadan yararlanma, <https://tech4future.info/en/early-warning-systems-ai/>
- Nadeem, A., Abedin, B., & Marjanovic, O. (2020). Yapay zekada cinsiyet önyargısı: Katkıda bulunan faktörler ve hafifletici stratejiler üzerine bir inceleme. Avustralasya Bilgi Sistemleri Konferansı Bildirileri, Wellington, Yeni Zelanda. <https://aisel.aisnet.org/acis2020/27>
- Nadeem, A., Marjanovic, O., & Abedin, B. (2022). Yapay zeka tabanlı karar verme sistemlerinde cinsiyet önyargısı: sistematik bir literatür taraması. Australasian Journal of Information Systems, 26. <https://doi.org/10.3127/ajis.v26i0.3835>
- Naeem, S., Ali, A., Anam, S., & Ahmed, M. M. (2023). Denetimsiz Makine Öğrenimi Algoritmaları: Kapsamlı İnceleme. International Journal of Computer and Digital Systems, 13, 911-921 Narechania, T. N. (2021).
- Doğal Tekel Olarak Makine Öğrenimi. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3810366>

Nath, P. C., Mishra, A. K., Sharma, R., Bhunia, B., Mishra, B., Tiwari, A., Nayak, P. K., Sharma, M., Bhuyan, T., Kaushal, S., Mohanta, Y. K., & Sridhar, K. (2024). Tarımsal gıda endüstrisinin sürdürülebilir geleceğine yönelik yapay zeka alanındaki son gelişmeler. *Food Chemistry*, 447, 138945. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138945>

Ulusal Havacılık ve Uzak Dairesi (NASA). (2024). İklim Değişikliği: Nasıl Biliyoruz? NASA web sitesinden alınmıştır: <https://climate.nasa.gov/evidence>

Ngarambe, J., Yun, G. Y., & Santamouris, M. (2020). Binalarda termal konforun tahmininde yapay zeka (AI) yöntemlerinin kullanımı: Yapay zeka tabanlı termal konfor kontrollerinin enerji etkileri. *Energy and Buildings*, 211, 109807. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109807>

Nguyen, H. A. T., Sophea, T., Gheewala, S. H., Rattanakom, R., Areerob, T., & Prueksakorn, K. (2021). Uzaktan algılama ve makine öğreniminin çevresel izleme ve arazi kullanım değişikliğinin değerlendirilmesine entegre edilmesi. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1239-1254. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.025>

Nguyen, H. P., Nguyen, C. T. U., Tran, T. M., Dang, Q. H., & Pham, N. D. K. (2024). Yeşil denizcilik için yapay zeka ve makine öğrenimi: Sürdürülebilir denizcilik uygulamalarına doğru seyir. *International Journal of Informatics and Visualization*, 8(March), 1-17.

Nguyen-Trong, K., & Tran-Xuan, H. (2022). Vietnam'da Uydu Görüntüleri ve Evrimsel Sinir Ağları Kullanılarak Kıyı Orman Örtüsü Değişiminin Tespiti. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 11, 930-938. <https://doi.org/10.11591/ijai.v11.i3.pp930-938>

Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Yapay Zeka, ulaşım ve akıllı şehir: yeni bir mobilite çağının tanımları ve boyutları. *Sustainability*, 12(7), 2789. <https://doi.org/10.3390/su12072789>

Nishant, R., Kennedy, M., & Corbett, J. (2020). Sürdürülebilirlik için yapay zeka: Zorluklar, fırsatlar ve bir araştırma gündemi. *Uluslararası Bilgi Yönetimi Dergisi*, 53, 102104. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102104>

NOAA Balıkçılık. (2022). Yasadışı, bildirilmemiş ve düzenlenmemiş balıkçılığı anlamak. <https://www.fisheries.noaa.gov/insight/understanding-illegal-unreported-and-unregulated-fishing> adresinden alındı

Nobre, C., ve diğerleri (2020). Dünya Sistem Bilimi için Yapay Zeka: Yapay Zeka ve İklim Biliminin Bütünleştirilmesi. *Nature Communications*, 11, 1-14. Nature'dan alınmıştır.

Norazman, S.H., Aspar, M.A.S.M., Abd. Ghafar, A.N., Karumdin, N., & Abidin, A.N.S.Z. (2024). Yol Kazası Verilerinde Yapay Sinir Ağı Analizi: Otonom Araçlarda Potansiyel Uygulaması Üzerine Bir İnceleme. W.H. Mohd. Isa, I.M. Khairuddin, M.A. Mohd. Razman, S. Saruchi, S.H. Teh ve P. Liu (Eds.), *Akıllı Üretim ve Mekatronik. iM3F 2023. Ağlar ve Sistemler Ders Notları (Cilt 850)*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8819-8_8

Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C., & Clune, J. (2018). Kamera tuzağı görüntülerindeki vahşi hayvanları derin öğrenme ile otomatik olarak tanımlama, sayma ve tanımlama. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(25), 70-71.

- Nti, E. K., Cobbina, S. J., Attafuah, E. E., Opoku, E., & Gyan, M. A. (2022). Yapay zeka kullanarak biyoçeşitlilik, enerji, ulaşım ve su yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik teknolojileri: Sistematik bir inceleme. *Sustainable Futures*, 4, 100068. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2022.100068>
- Nunes, J. A. C., Cruz, I., Nunes, A., & Pinheiro, H. T. (2020). Yapay zeka destekli otomatik görüntü analizi ile mercan resiflerinin korunmasını hızlandırmak. *Nature Machine Intelligence*, 2(6), 292-292.
- Nunes, J.A.C., Cruz, I.C., Nunes, A., & Pinheiro, H.T. (2020). Yapay zeka destekli otomatik görüntü analizi ile mercan resiflerinin korunmasını hızlandırmak. *Nature Machine Intelligence*, 2(6), 292-292. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-0192-3>
- Ohopra, S. S., Sopelana, A., & Balasubramanian, A. (2022). Yenilenebilir enerji sistemlerinde yapay zeka ve nesnelerin internetinin entegrasyonu: Sistematik bir inceleme. *Journal of Cleaner Production*, 340, 130532. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130532>
- Olabi, A. G., Abdelghafar, A. A., Maghrabie, H. M., Sayed, E. T., Rezk, H., Radi, M. A., Obaideen, K., & Abdelkareem, M. A. (2023). Termal enerji depolama sistemlerinin tahmini, optimizasyonu ve kontrolü için yapay zeka uygulaması. *Thermal Science and Engineering Progress*, 39, 101730. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101730>
- Olayode, O. I., Tartibu, L. K., & Okwu, M. O. (2020). Sinyalize yol kavşaklarında otonom olmayan araçların trafik kontrol sisteminde yapay zeka uygulaması. *Procedia CIRP*, 91, 194-200. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.167>
- Oruganti, R. K., Biji, A. P., Lanuyanger, T., Show, P. L., Sriariyanun, M., Upadhyayula, V. K. K., Gadhamshetty, V., & Bhattacharyya, D. (2023). Yüksek performanslı mikroalgal atık su arıtımı ve algal biyofabrikası için yapay zeka ve makine öğrenimi araçları: Eleştirel bir inceleme. *Science of the Total Environment*, 876, 162797. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162797>
- Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2022). Değişen iklim koşullarında yenilenebilir enerjinin maliyeti, çevresel etkisi ve esnekliği: bir inceleme. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 741-764. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8>
- Osman, Z., & Yatam, M. (2024). Yükseköğretim Kurumları Çalışanları Arasında Yapay Zeka Destekli Dönüşüm Kabulünün Artırılması. *International Journal of Academic Research in Accounting Finance and Management Sciences*, 14(2), 289-304.
- Othman, K. (2022). Otonom araçların etkilerinin araştırılması: Kapsamlı bir inceleme. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7, 76. <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00763-6>
- Ouadah, A., Zemmouchi-Ghomari, L., & Salhi, N. (2022). Kestirimci bakım için uygun bir denetimli makine öğrenimi algoritması seçme. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119, 4277-4301. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08551-9>
- Ozor, N., Nwakaire, J., Nyambane, A., MuhaṪah, W., & Tonnang, H., Salifu, D. (2024). Afrika'nın Tarım ve Gıda Sistemleri için Sorumlu Yapay Zeka: Zorluklar ve Fırsatlar. *Afrika Teknoloji Politikası Çalışmaları Ağı (ATPS)*.
- Paracha, A., Arshad, J., Ben Farah, M., & Ismail, K. (2024). Makine öğrenimi güvenliği ve gizliliği: Tehditler ve karşı önlemler üzerine bir inceleme. *EURASIP Bilgi Güvenliği Dergisi*, 2024(10). <https://doi.org/10.1186/s13635-024-00158-3>

- Paramesha, Mallikarjuna, & Rane, Nitin, & Rane, Jayesh. (2024). ChatGPT gibi Üretken Yapay Zeka ile Dayanıklılığın Artırılması. SSRN'de mevcuttur: <https://ssrn.com/abstract=4832533> veya <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4832533>
- Parihar, V., Malik, A., Bhawna, Bhushan, B., & Chaganti, R. (2023). Akıllı cihazlardan daha akıllı sistemlere: Nesnelerin yapay zekasının (AIoT) özellikleri, mimarisi, kullanım durumları ve zorlukları ile evrimi. IoT sistemlerinde blok zinciri tabanlı akıllı ağlar için AI modellerinde: Kavramlar, metodolojiler, araçlar ve uygulamalar (s. 1-28). Springer.
- Patel, K., Bhatt, C., & Mazzeo, P. L. (2022). Derin Öğrenme Tabanlı Otomatik Gemi Tespiti: Uydu Görüntüleri Kullanılarak Yapılan Deneysel Bir Çalışma. *Journal of imaging*, 8, Article 182. <https://doi.org/10.3390/jimaging8070182>
- Patón-Romero, J. D., Vinuesa, R., Jaccheri, L., & Baldassarre, M. T. (2022). Yapay Zekada ve Yapay Zeka Tarafından Cinsiyet Eşitliğinin Durumu. *IADIS International Journal on Computer Science and Information Systems*, 17(2), 31-48.
- Petersen, K., & Varela, B. (2015). NDC analizi: Orman sektörüne genel bir bakış. Dünya Doğayı Koruma Vakfı. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/r2_wwf_NDC_brief.pdf .adresinden alındı
- Ping, B., Meng, Y., Xue, C., & Su, F. (2023). Makine Öğrenimine Dayalı Okyanus Birincil Üretim Tahmini. *Jeofizik Araştırma Dergisi: Oceans*, 128, e2022JC018980. <https://doi.org/10.1029/2022JC018980>
- Plathottam, S. J., Rzonca, A., Lakhnori, R., & Iloeje, C. O. (2023). Üretim Operasyonlarında Yapay Zeka Uygulamalarına Bir Bakış. *Journal of Advanced Manufacturing Processes*, 5, e10159.
- Popescu, S. M., Mansoor, S., Wani, O. A., Kumar, S. S., Sharma, V., Sharma, A., Arya, V. M., Kirkham, M. B., Hou, D., Bolan, N., & Chung, Y. S. (2024). Çevre kirliliğinin izlenmesi ve yönetimi için yapay zeka ve IoT odaklı teknolojiler. *Frontiers in Environmental Science*, 12, Makale 1336088. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1336088>
- Pournader, M. (2021). Tedarik Zinciri Yönetiminde Yapay Zeka Uygulamaları. *Uluslararası Üretim Ekonomisi Dergisi*, 241, 108250.
- Pullman, M., Gurung, I., Maskey, M., Ramachandran, R., & Christopher, S. A. (2019). Dolu tespitine derin öğrenmenin uygulanması: bir vaka çalışması. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57, 10218-10225. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2931944>
- Puri, V., Srivastava, G., Rishiwal, V., & Singh, R. K. (2019). Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi için hibrit bir yapay zeka ve nesnelerin interneti modeli. *IEEE Access*, 7, 111181-111191. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2934228>
- Puri, V., Van Le, C., Kumar, R., & Jagdev, S. S. (2020). Akıllı Ulaşım Sistemi için Yapay Zeka ve Nesnelerin İnternetinin Verimli Sinerji Modeli. *International Journal of Hyperconnectivity and the Internet of Things (IJHIoT)*, 4(1), 43-57. <https://doi.org/10.4018/IJHIoT.2020010104>
- Putra, D. P., Bimantio, M. P., Sahfitra, A. A., Suparyanto, T., & Pardamean, B. (2020). Android tabanlı gübreleme uygulamaları ile topraktaki besin elementlerinin kullanılabilirliği ve kaybının simülasyonu. 2020 Uluslararası Bilgi Yönetimi ve Teknolojisi Konferansı (ICIMTech) içinde (s. 312-317). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech50083.2020.9211268>

- Radford, A., Kim, J. W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., ... & Sutskever, I. (2021). Doğal dil denetiminden aktarılabılır görsel modeller öğrenme. arXiv ön baskı arXiv:2103.00020.
- Raj, E. F. I., Appadurai, M., & Athiappan, K. (2021). Modern tarımda hassas tarım. İleri Teknolojiler Kullanarak Akıllı Tarım Otomasyonu içinde (s. 294-329). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6124-2_4
- Raman, R., Pattnaik, D., Lathabai, H.H. ve diğerleri. Yeşil ve sürdürülebilir yapay zeka araştırması: entegre bir tematik ve konu modelleme analizi. J Big Data 11, 55 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00920-x>
- Rane, N., Choudhary, S., & Rane, J. (2024). Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji stratejilerinde yapay zeka ve makine öğrenimi: Eleştirel bir inceleme ve gelecek perspektifleri. SSRN. SSRN'de mevcuttur: <https://ssrn.com/abstract=4838761> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4838761>
- Rane, N., Paramesha, M., Choudhary, S., & Rane, J. (2024). Sürdürülebilir kalkınma için iş zekası ve yapay zeka: Gelişmiş sürdürülebilirlik için Nesnelerin İnterneti, makine öğrenimi ve büyük veri analitiğinin entegrasyonu. SSRN'de mevcuttur: <https://ssrn.com/abstract=4833996> veya <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4833996>
- Rani, M., & Singh, R. (2024). Sürdürülebilir finasta yapay zekanın rolü. A. Chakir, J. F. Andry, A. Ullah, R. Bansal, & M. Ghazouani (Der.), Yapay zekanın mühendislik uygulamaları içinde. Mühendislik, bilim ve teknoloji üzerine sentez dersleri (s. 22). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50300-9_22
- Ranjana, R., Subha, T., Varsha, J., & Kumar, P. (2022). Bilgisayarla görmede yapay zeka ve derin öğrenmenin uygulamaları ve çıkarımları. Bilgisayarla Görme Alanında Yapay Zeka ve Derin Öğrenme Uygulamaları ve Çıkarımları içinde (s. 35-52). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110750584-003>
- Rashid, A., & Kumari, S. (2023). Su dağıtım şebekelerinde hız ve basınç tahmini için YSA ve ANFIS modellerinin performans değerlendirmesi. Water Supply, 23(9), 3925-3949. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.224>
- Raza, M., ve diğerleri (2020). Afetten etkilenen bölgelerde etkili iletişim kurulması ve sosyal medya platformları kullanılarak yapay zeka tabanlı tespit. Future Generation Computer Systems, 112, 1057-1069. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.06.040>
- Reddy, K. S. P., Roopa, Y. M., L. N., K. R., & Nandan, N. S. (2020). Makine öğrenimi kullanarak IoT tabanlı akıllı tarım. 2020 İkinci Uluslararası Bilgisayar Uygulamalarında Buluşçu Araştırma Konferansı (ICIRCA) içinde (s. 130-134). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183373>
- Richards, D., Worden, D., Song, X. P., & Lavorel, S. (2024). Doğa temelli çözümleri desteklemek için üretken yapay zekadan yararlanma. People and Nature, 6(2), 882-893. <https://doi.org/10.1002/pan3.10622>
- Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., Lacoste, A., Sankaran, K., ... & Bengio, Y. (2022). Makine öğrenimi ile iklim değişikliğiyle mücadele. ACM Computing Surveys (CSUR), 55(2), 1-96.
- Rosenberg, I., Shabtai, A., Elovici, Y., & Rokach, L. (2021). Çekişmeli makine öğrenimi saldırıları ve siber güvenlik alanında savunma yöntemleri. ACM Computing Surveys, 54(5), 1-36.

- Rustia, D. J. A., Chiu, L.-Y., Lu, C.-Y., Wu, Y.-F., Chen, S.-K., Chung, J.-Y., Hsu, J.-C., & Lin, T.-T. (2022). AIoT tabanlı bir izleme sistemi aracılığıyla akıllı ve entegre haşere yönetimine doğru. *Pest Management Science*, 78(12), 4288-4302. <https://doi.org/10.1002/ps.7048>
- Saenko, K. (2023, 23 Mayıs). Üretken yapay zeka çevre için kötü mü? Bir bilgisayar bilimci ChatGPT ve kuzenlerinin karbon ayak izini açıklıyor. *The Conversation*. <https://theconversation.com/is-generative-ai-bad-for-the-environment-a-computer-scientist-explains-the-carbon-footprint-of-chatgpt-and-its-cousins-204096>
- Sætra, H. S. (2023). Üretken Yapay Zeka: Kalmak için burada, ama iyi için mi? *Toplumda Teknoloji*, 75. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X2300177X>
- Sahil, K., Mehta, P., Kumar Bhardwaj, S., & Dhaliwal, L. K. (2023). Bölüm 20: Sürdürülebilirliğe ulaşmak için yapay zeka kullanarak iklim değişikliği için azaltım stratejilerinin geliştirilmesi. *Makine Öğrenimi ve Yapay Zeka ile İklim Değişikliği için Görselleştirme Teknikleri* içinde (s. 421-448). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99714-0.00021-2>
- Saleem, S., & Mehrotra, M. (2022). Afet yönetimi için yapay zeka ve sosyal medyanın acil kullanımı. *Uluslararası Veri Bilimi ve Uygulamaları Konferansı Bildirileri: ICDSA 2021, Cilt 2* (s. 195-210). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5348-3_15
- Saleh, M., Milovanoff, A., Posen, I. D., MacLean, H. L., & Hatzopoulou, M. (2022). Paylaşılan otomatik elektrikli araçların enerji ve sera gazı etkileri. *Ulaştırma Araştırmaları Bölüm D: Transport and Environment*, 105, 103233. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103233>
- Salim, H. K., Padfield, R., Hansen, S. B., Mohamad, S. E., Yuzir, A., Syayuti, K. ve diğerleri (2018). Çevre yönetim sistemi ve ISO14001 araştırmalarında küresel eğilimler. *Journal of Cleaner Production*, 170, 645-653. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.017>
- Salluri, D. K., ve diğerleri (2020). Doğal afet kurtarma için evrişimli sinir ağları kullanarak nesne algılama. *Uluslararası Emniyet ve Güvenlik Mühendisliği Dergisi*, 10(2), 285-291. <https://doi.org/10.18280/ijssse.100217>
- Samadi S. (2022). Sel analitiği araştırmalarını ilerletmek için yapay zeka, IoT ve büyük verinin yakınsaması. *Frontiers in Water*, 4, 786040. doi:10.3389/frwa.2022.786040
- Samaei, S. R., & Hassanabad, M. G. (2024). Sürdürülebilir kalkınmada denizler, denizcilik endüstrileri ve yapay zekanın önemli etkileşimi. *Sekizinci Uluslararası Petrol, Gaz, Rafineri ve Petrokimya Alanlarında Teknoloji Geliştirme Konferansı (Cilt 8)*. <https://www.researchgate.net/publication> .adresinden alındı
- Sandalow, D., McCormick, C., Kucukelbir, A., Friedmann, J., Nagrani, T., Fan, Z., Halff, A., d'Aspremont, A., Glatt, R., Méndez Leal, E., Karl, K., & Ruane, A. (2023). İklim Değişikliğinin Azaltılması için Yapay Zeka Yol Haritası (ICEF İnovasyon Yol Haritası Projesi, Aralık 2023). <https://www.icef.go.jp/roadmap/> .adresinde mevcuttur
- Saputra, M. H., & Lee, H. S. (2019). Yapay sinir ağı tabanlı hücresel otomat kullanarak Kuzey Sumatra, Endonezya için arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin tahmini. *Sustainability*, 11(11), 3024. <https://doi.org/10.3390/su11113024>

- Sayad, Y. O., ve diğerleri (2019). Orman yangınlarının öngörücü modellemesi: Yeni bir veri kümesi ve makine öğrenimi yaklaşımı. *Yangın Güvenliği Dergisi*, 104, 130-146. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.01.006>
- Schalatek, L. (2022). İklim Fonları Güncellemesi: Toplumsal Cinsiyet ve İklim Finansmanı. Denizaşırı Kalkınma Enstitüsü. Retrieved from www.climatefundsupdate
- Schultz, M. G., Betancourt, C., Gong, B., Kleinert, F., Langguth, M., Leufen, L. H., Mozaffari, A., & Stadtler, S. (2021). Derin öğrenme sayısal hava tahminini yenebilir mi? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 379(2194). <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0097>
- Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Yeşil Yapay Zeka. *Communications of the ACM*, 63(12), 54-63. <https://doi.org/10.1145/3381831>
- Schürholz, D., Kubler, S., & Zaslavsky, A. (2020). Akıllı şehirler için yapay zeka destekli bağlama duyarlı hava kalitesi tahmini. *Journal of Cleaner Production*, 271, 121941. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121941>
- Sellak, H., Ouhbi, B., Frikh, B., & Palomares, I. (2017). Yeni nesil enerji planlaması karar verme sürecine doğru: Akıllı karar desteği için uzman tabanlı bir çerçeve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1544-1577.
- Senshaw, D. A., & Kim, J. W. (2018). Gelişmekte olan ülkelerin ulusal olarak belirlenmiş katkılarında koşullu hedeflerin karşılanması: GGGI üye ve ortak ülkelerinin yenilenebilir enerji hedefleri ve gerekli yatırımları. *Energy Policy*, 116(1), 433-443.
- Serdeczny, O., Adams, S., Baarsch, F., Coumou, D., Robinson, A., Hare, W., Schaeffer, M., Perrette, M., & Reinhardt, J. (2017). Sahra Altı Afrika'da iklim değişikliğinin etkileri: Fiziksel değişimlerden sosyal yansımalarına. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1585-1600. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0910-2>
- Serina, I., & Ranzi, R. (2023). Delta bölgesinde su kullanımının iyileştirilmesi. Thuyloi Üniversitesi ile işbirliği içinde Brescia Üniversitesi tarafından yürütülen ortak bir araştırma projesi. <https://ai4redriver.unibs.it/> .adresinden alındı
- Seyma, M. K. M. (2023). Deniz koruma alanlarının (MPA) belirlenmesi ve yönetimi için yapay zekadan (AI) yararlanma: bir inceleme. *J. Geosci. Environ. Protect.*, 11, 118-132. <https://doi.org/10.4236/gep.2023.119008>
- Sha, Y., Sobash, R. A., & Gagne, D. J. II. (2024). Aşırı yağış tahminlerini kullanarak iyileştirme üretken yapay zeka. arXiv:2407.04882 [physics.ao-ph]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.04882>
- Shaamala, A., Yigitcanlar, T., Nili, A., & Nyandega, D. (2024). Algoritmik yeşil altyapı optimizasyonu: iklim değişikliğiyle mücadelede yapay zeka odaklı yaklaşımların gözden geçirilmesi. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105182. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105182>
- Shaikh, A. A., Kumar, A., Jani, K., Mitra, S., García-Tadeo, D. A., & Devarajan, A. (2021). Dijital bir sınıf oluşturmak için makine öğrenimi ve yapay zekanın rolü ve Covid-19 sırasında eğitim üzerindeki sürdürülebilir etkisi. *Günümüzde Malzemeler: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.368>

- Shams, M. H., Niaz, H., Na, J., Anvari-Moghaddam, A., & Liu, J. J. (2021). Belirsizlik altında yenilenebilir enerji kesintilerinin hidrojen sistemleri ve batarya depolarının planlanmasıyla makine öğrenimi tabanlı kullanımı. *Journal of Energy Storage*, 41, 103010. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103010>
- Sharifani, K., & Amini, M. (2023). Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme: Yöntemler ve Uygulamalar Üzerine Bir İnceleme. *World Information Technology and Engineering Journal*, 10(7), 3897-3904. <https://ssrn.com/abstract=4458723> .adresinden alındı
- Sharma, A., Bansal, P., Chandel, A., & Kumar, R. (2024). Himalaya nehrinin aşama-deşarj ilişkisinin YSA, DVM ve ANFIS kullanılarak modellenmesi. *Sürdürülebilir Su Kaynakları Yönetimi*, 10(88). <https://doi.org/10.1007/s40899-024-01069-4>
- Sharma, N., Sharma, R., & Jindal, N. (2021). Makine öğrenimi ve derin öğrenme uygulamaları: Bir vizyon. *Global Transitions Proceedings*, 2(1), 24-28. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.01.004>
- Sharps, K., Masante, D., Thomas, A., Jackson, B., Redhead, J., May, L., Prosser, H., Cosby, B., Emmett, B., & Jones, L. (2017). Farklı bir Birleşik Krallık nehir havzasında üç ekosistem hizmetleri modelleme aracının güçlü ve zayıf yönlerinin karşılaştırılması. *Science of The Total Environment*, 584-585, 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.160>.
- Shin, W., Han, J., & Rhee, W. (2021). Yenilenebilir enerji sistemlerinin kestirimci bakımı için yapay zeka desteği. *Energy*, 221, 119775. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119775>
- Shinde, P. P., & Shah, S. (2018). Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Uygulamaları Üzerine Bir İnceleme. 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), Pune, India, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2018.8697857>.
- Shneiderman, B. (2020). Etik ve uygulama arasındaki boşluğu doldurmak: Güvenilir, emniyetli ve güvenilir insan merkezli yapay zeka sistemleri için kılavuzlar. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 10(4), Makale 26, 31 sayfa. <https://doi.org/10.1145/3419764>
- Shoei, M., Noorollahi, Y., Hajinezhad, A., & Moosavian, S. F. (2024). Yenilenebilir enerji sistemlerinde yapay zeka uygulamaları üzerine bir inceleme: Yaklaşım temelli bir çalışma. *Energy Conversion and Management*, 306, 118207. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118207>
- Silva, Ó., Cordera, R., González-González, E., & Nogués, S. (2022). Otonom araçların çevresel etkileri: Bilimsel literatürün gözden geçirilmesi. *Science of The Total Environment*, 830, 154615. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154615>
- Silvestro, D., Gorla, S., Sterner, T. ve diğerleri (2022). Yapay zeka yoluyla biyoçeşitliliğin korunmasının iyileştirilmesi. *Nature Sustainability*, 5, 415-424. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00851-6>
- Simşek, D., Kutlu, İ., & Şık, B. (2023). Afet yönetiminde yapay zekanın (YZ) rolü ve uygulamaları. <https://doi.org/10.31462/icearc.2023.arc992>
- Skulovich, O., & Gentile, P. (2023). Uzun vadeli tutarlı bir yapay zeka ve uzaktan algılama tabanlı toprak nemi veri seti. *Scientific Data*, 10(1), 154.
- Solaymani, S. (2019). En çok karbon salan 7 ekonomide CO2 emisyonu modelleri: ulaştırma örneği sektör. *Energy*, 168, 989-1001. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.145>

- Solomon, A., Michaelshvili, M., Bitton, R., Shapira, B., Rokach, L., & Puzis, R., & Shabtai, A. (2022). Bağlamsal güvenlik farkındalığı: Kullanıcıların güvenlik farkındalığını değerlendirmek için bağlam tabanlı bir yaklaşım. *Knowledge-Based Systems*, 246, 108709. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.108709>
- Son, T. H., Weedon, Z., Yigitcanlar, T., Sanchez, T., Corchado, J. M., Mehmood, R. (2023). Akıllı ve sürdürülebilir kalkınma için algoritmik kentsel planlama: Literatürün sistematik incelemesi. *Sürdürülebilir Şehirler ve Toplum*, 94, 104562.
- Song, T., Pang, C., Hou, B., Xu, G., Xue, J., Sun, H., & Meng, F. (2023). Deniz Bilimlerinde Yapay Zeka Üzerine Bir İnceleme. *Frontiers in Earth Science*, 11, Makale 1090185. <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1090185>
- Sowmya, V., Ragipani, S. (2022). Yapay Zekaya Dayalı Hava Kalitesi İzleme Sistemi. P. Kumar Jain, Y. Nath Singh, R. P. Gollapalli, S. P. Singh (Eds.), *Advances in Signal Processing and Communication Engineering* (pp. 26) içinde. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5550-1_26
- Spratt, A. (2023). Yapay zeka Kenyalı küçük çiftçilerin iklim değişikliğine uyum sağlamasına nasıl yardımcı oluyor? BMZ Digital. <https://www.bmz-digital.global/en/how-ai-helps-kenyan-small-holder-farmers-to-adapt-to-climate-change/>
- Stein, A. L. (2020). Yapay zeka ve iklim değişikliği. *Yale Journal on Regulation*, 37, 890.
- Stowell, D. (2022). Derin öğrenme ile hesaplamalı biyoakustik: Bir inceleme ve yol haritası. *PeerJ*, 10, e10260.
- Strubell, E., Ganesh, A. ve McCallum, A. (2019). NLP'de Derin Öğrenme için Enerji ve Politika Hususları. *arXiv:1906.02243*.
- Sun, T., Gaut, A., Tang, S., Huang, Y., Elsherief, M., Zhao, J., Mirza, D., Belding, E., Chang, K. W., & Wang, W. Y. (2019). Doğal Dil İşlemede Cinsiyet Önyargısının Azaltılması: Bir literatür incelemesi. *Hesaplamalı Dilbilim Derneği 57. Yıllık Toplantısı Bildirileri*, Floransa, İtalya. <https://doi.org/10.18653/v1/P19-1159>
- Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2020). Afet yönetimi için yapay zeka uygulamaları. *Natural Hazards*, 103(3), 2631-2689. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04124-3>
- Swarna, K. P., & Bhaumik, P. (2022). Bütünleştirici yapay zeka aracılığıyla afet yönetimi. İçinde 23. Uluslararası Dağıtık Hesaplama ve Ağ Konferansı Bildirileri. <https://doi.org/10.1145/3491003.3493235>
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Pal, S., Liou, Y. A., & Rahman, A. (2020). Uydu Gözlemleri için Makine Öğrenimi Sınıflandırıcıları ile Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü Sınıflandırması-Bir İnceleme. *Remote Sensing*, 12, Article 1135. <https://doi.org/10.3390/rs12071135>
- Thamik, H., Cabrera, J.D.F., & Wu, J. (2024). Dijital Paradigma: Yapay Zeka ve Nesnelerin İnternetinin Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Ulaşma Üzerindeki Etkisinin Çözülmesi. S. Misra, K. Siakas ve G. Lampropoulos (der.), *Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Ulaşmak için Nesnelerin Yapay Zekası (Veri Mühendisliği ve İletişim Teknolojileri Ders Notları, Cilt 192)*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53433-1_2

Kolektif Zeka Projesi. (2024). A Roadmap to 8559931/CIP_+A+Roadmap+to+Democratic+AI.pdfDemocratic AI. <https://static1.squarespace.com/static/631d02b2dfa9482a32db47ec/t/65f9a1296f1a357e918f7a58/171085>

The Verge. (2023). *Google'ın yeni veri merkezi jeotermal enerji ile çalışacak.* <https://www.theverge.com/2023/11/28/23972940/google-data-center-geothermal-energy> adresinden alındı

Dünya Bankası. (2023). OECS ülkeleri için çatı sınıflandırması. Veri Kataloğu. 2024, <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0065199/Rooftop-classification-for-OECS-countries> adresinden alınmıştır.

Thoma, S. P., Hartmann, M., Christen, J., Mayer, B., Mast, F. W., & Weibel, D. (2023). Sürükleyici sanal gerçeklik ile iklim değişikliği konusunda farkındalığın artırılması. *Frontiers in Virtual Reality*, 4, 897034. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.897034>

Tien Bui, D., Bui, Q.-T., Nguyen, Q.-P., Pradhan, B., Nampak, H., & Trinh, P. T. (2017). Tropikal bir bölgede orman yangını duyarlılık modellemesi için CBS tabanlı sinirsel-bulanık çıkarım sistemi ve parçacık sürüsü optimizasyonu kullanan hibrit bir yapay zeka yaklaşımı. *Agricultural and Forest Meteorology*, 233, 32-44. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.11.002>

Tingzon, I., Cowan, N. M., & Chrzanowski, P. (2023). Yapay zeka Karayipler'de iklim direncinin oluşturulmasına yardımcı olabilir mi? Konut konusuna bakalım. Dünya Bankası. <https://blogs.worldbank.org/en/sustainablecities/can-ai-help-build-climate-resilience-caribbean-lets-look-housing>

Toivonen, T., Heikinheimo, V., Fink, C., Hausmann, A., Hiippala, T., Järv, O. ve diğerleri (2019). Koruma bilimi için sosyal medya verileri: Metodolojik bir genel bakış. *Biological Conservation*, 233, 298-315.

Toivonen, T., Heikinheimo, V., Fink, C., Hausmann, A., Hiippala, T., Järv, O., Tenkanen, H., & Di Minin, E. (2019). Koruma bilimi için sosyal medya verileri: Metodolojik bir genel bakış. *Biological Conservation*, 233, 298-315. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.023>

Tokunaga, K., Blandon, A., Blasiak, R., Jouffray, J. B., Wabnitz, C. C., & Norström, A. V. (2021). SIDS ve LDC'lerde Okyanus Riskleri. *Okyanus Riskleri 2021*. Erişim adresi: <https://oceanrisk.earth/wp-content/uploads/2022/12/ORRAA-Ocean-Risks.pdf>

Tomazzoli, C., Scannapieco, S., & Cristani, M. (2020). Nesnelerin interneti ve yapay zeka enerji verimliliği sağlıyor. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14, 4933-4954. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02151-3>

Torfi, A., Shirvani, R. A., Keneshloo, Y., Tavaf, N., & Fox, E. A. (2020). Derin öğrenme ile doğal dil işleme gelişmeleri: Bir anket. *arXiv ön baskı arXiv:2003.01200*.

Tran, N. L. D., Rañola, R. F., Ole Sander, B., Reiner, W., Nguyen, D. T., & Nong, N. K. N. (2020). Vietnam'da pirinç üretiminde iklim-akıllı tarım teknolojilerinin benimsenmesinin belirleyicileri. *Uluslararası İklim Değişikliği Stratejileri ve Yönetimi Dergisi*, 12(2), 238-256. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2019-0032>

Treen, K. M. D., Williams, H. T. P., & O'Neill, S. J. (2020). İklim değişikliği hakkında çevrimiçi yanlış bilgilendirme. *WIREs Climate Change*, 11(5), e665. <https://doi.org/10.1002/wcc.665>

Tuia, D., Kellenberger, B., Beery, S., Costelloe, B. R., Zuffi, S., Risse, B., ... & Mathis, A. (2022). Yaban hayatının korunması için makine öğreniminde perspektifler. *Nature Communications*, 13(1), 792.

Thulke, D., Gao, Y., Pelser, P., Brune, R., Jalota, R., Fok, F., Ramos, M., van Wyk, I., Nasir, A., Goldstein, H., Tragemann, T., Nguyen, K., Fowler, A., Stanco, A., Gabriel, J., Taylor, J., Moro, D., Tsybalov, E., de Waal, J., ... Erasmus, D. (2024). ClimateGPT: İklim değişikliği üzerine disiplinler arası araştırmaları sentezleyen yapay zekaya doğru. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.09646>

Tyagi, A. K., & Aswathy, S. U. (2021). Otonom akıllı araçlar (AIV): Araştırma bildirileri, açık konular, zorluklar ve gelecek için yol. *International Journal of Intelligent Networks*, 2, 83-102. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2021.07.002>

Ullah, A., Salehnia, N., Kolsoumi, S., Ahmad, A., & Khaliq, T. (2018). İstatistiksel ölçek küçültme yaklaşımı kullanılarak etkili iklim değişikliği göstergelerinin tahmini ve Pakistan, Pencap'ta Genetik Algoritma yoluyla inci dari (*Pennisetum glaucum* L.) verimi üzerindeki etki değerlendirmesi. *Ecological Indicators*, 90, 569-576. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.053>.

UNDP. (2024). Geleceği Görselleştirmek: İklim Eyleminde Yapay Zeka. <https://www.undp.org/acceleratorlabs/blog/visualizing-future-artificial-intelligence-climate-action>

UNESCO. (2020). Yapay zeka ve toplumsal cinsiyet eşitliği: UNESCO'nun küresel diyalogunun temel bulguları. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374174> adresinden alındı.

UNFCCC. (2023). Toplumsal cinsiyete duyarlı uyum eyleminin önceliklendirilmesi ve dahil edilmesinde kaydedilen ilerleme, iyi uygulamalar ve çıkarılan dersler. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. Erişim adresi: <https://www.wadapt.org/knowledge-base/gender-climate-change/progress-good-practices-and-lessons-learned-in-prioritizing-and-incorporating-gender-responsive-adaptation-action>

UNFCCC. (2024a). Taraflar Konferansı: Taraflar Konferansının 30 Kasım - 13 Aralık 2023 tarihleri arasında Birleşik Arap Emirlikleri'nde gerçekleştirilen yirmi sekizinci oturumuna ilişkin raporu. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cp2023_11a01_adv.pdf

UNFCCC. (2024b). Yapay Zeka. https://unfccc.int/ttclear/artificial_intelligence

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği (2023a). COP28 Anlaşması Fosil Yakıt Döneminin "Sonunun Başlangıcına" İşaret Ediyor <https://unfccc.int/news/cop28-agreement-signals-beginning-of-the-end-of-the-fossil-fuel-era>

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği. (2023b). Yeryüzü gözlemleri teknolojisi aracılığıyla iklim eylemini güçlendirmek, <https://unfccc.int/news/powering-climate-action-through-earth-observations-technology>

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) (2020). Yapay zeka ve toplumsal cinsiyet eşitliği: UNESCO'nun küresel diyalogunun temel bulgusu. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374174> adresinde mevcuttur.

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri. (2022). Hedef 14: Okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir şekilde kullanmak. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/oceans/> .adresinden alındı

Birleşmiş Milletler. (2024). Genel Kurul yapay zeka konusunda dönüm noktası niteliğinde bir karar kabul etti. BM Haberleri. Temmuz 21, 2024 tarihinde <https://news.un.org/en/story/2024/03/1147831> adresinden alındı.

Birleşik Devletler Milletler. (2024), İklim Eylem Erken Uyarılar için Hepsini, <https://www.un.org/en/climatechange/early-warnings-for-all>

- Van Assche, K. Beunen, R. Gruezmacher M. & Duineveld M. (2020) Rethinking strategy in environmental governance, *Journal of Environmental Policy & Planning*, 22:5, 695-708, DOI: 10.1080/1523908X.2020.1768834
- van der Woude, D., Castro Nieto, G. Y., Moros Ochoa, M. A., ve diğerleri (2024). Latin Amerika ve Karayipler'de biyokapasite ve ekolojik ayak izi tahmininde yapay zeka. Çevre, Kalkınma ve Sürdürülebilirlik. Çevrimiçi yayın. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05101-7>
- Van der Zeeuw, A., Van Deursen, A. J., & Jansen, G. (2019). Nesnelerin internetinin sosyal kullanımındaki eşitsizlikler: Bir sermaye ve beceri perspektifi. *New Media & Society*, 21(6), 1344-1361. <https://doi.org/10.1177/146144481882106>
- Varon, J., Costanza-Chock, S., & Gebru, T. (2024). Federe Yapay Zeka Müşterekleri Ekosisteminin Teşvik Edilmesi. POLİTİKA BRİFİNG. https://codingrights.org/docs/Federated_AI_Commons_ecosystem_T20Policybriefing.pdf
- Varona, D., Lizama-Mue, Y., & Suárez, J.L. (2021). Makine öğreniminin önyargı otomasyonundan kaçınmadaki sınırlamaları. *AI & Society*, 36, 197-203. <https://doi.org/10.1007/s00146-020-00996-y>
- Velev, D., & Zlateva, P. (2023). Afet risk yönetimi için yapay zeka uygulamasının zorlukları. *Uluslararası Fotogrametri, Uzaktan Algılama ve Mekânsal Bilgi Bilimleri Arşivi*, 48, 387-394. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-387-2023>
- Verdecchia, R., Cruz, L., Sallou, J., Lin, M., Wickenden, J., & Hotellier, E. (2022). Veri merkezli yeşil yapay zeka: Keşifsel bir ampirik çalışma. 2022 Uluslararası Sürdürülebilirlik için BİT Konferansı (ICT4S) içinde (s. 35-45).
- Verma, T., Kishore Kumar, B., Rajendar, J., & Kumara Swamy, B. (2024). Kuantum Makine Öğrenimi Üzerine Bir İnceleme. A. Kumar & S. Mozar (Eds.), 6. Uluslararası İletişim ve Siber Fizik Mühendisliği Konferansı Bildirileri (ICCCE 2024), Elektrik Mühendisliği Ders Notları, cilt 1096. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7137-4_39
- Vignudelli, S., Birol, F., Benveniste, J., Fu, L.-L., Picot, N., Raynal, M., & Roinard, H. (2019). Kıyı bölgesinde deniz seviyesinin uydu altimetri ölçümleri. *Surveys in Geophysics*, 40(5), 1319-1349. <https://doi.org/10.1007/s10712-019-09569-1>
- Villon, S., Mouillot, D., Chaumont, M., Darling, E. S., Subsol, G., Claverie, T., & Villéger, S. (2018). Sualtı Görüntülerinde Mercan Resifi Balıklarının Doğru ve Hızlı Tanımlanması için Bir Derin Öğrenme Yöntemi. *Ecological Informatics*, 48, 238-244. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.09.007>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., ... & Fuso Nerini, F. (2020). Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşmada yapay zekanın rolü. *Nature Communications*, 11(1), 233. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Visvanathan, R., Kamarudin, K., Mamduh, S. M., Yeon, A. S. A., Zakaria, A., Kamarudin, L. M., Shukor, S. A. A., & Shakaff, A. Y. M. (2021). Gaz algılayan mobil robot: Bir inceleme. *İnsan-Makineleri Keşfetmek Robotik ve Görüntü İşlemede Uyum*, 10(1-15).
- Vogl, T. M. (2021). Yerel Yönetimlerde Yapay Zeka: Birleşik Krallık Yerel Yönetimlerinde İyi Yönetişim için Yapay Zekanın Etkinleştirilmesi. *SSRN Elektronik Dergisi*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3840222>

- Wabnitz, C.C., Blasiak, R., Harper, S., Jouffray, J.B., Tokunaga, K., & Norström, A.V. (2021). SIDS ve kıyı LDCS'de okyanus riski ve dayanıklılığının toplumsal cinsiyet boyutları. Okyanus Riski Direnç Eylem Birliği. <https://oceanrisk.earth/wp-content/uploads/2022/12/ORRAA-Gender-and-ocean-risk.pdf> adresinden alındı.
- Walacik M, Chmielewska A. Gayrimenkul Sektörü Sürdürülebilir Çözüm (Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) Önem Değerlendirmesi-AI Destekli Algoritma Uygulaması. Sürdürülebilirlik. 2024; 16(3):1079. <https://doi.org/10.3390/su16031079>:
- Walsh, T., Evatt, A., & de Witt, C. S. (2020). Yapay Zeka ve İklim Değişikliği: Gelecek 1,5 ° C için Tamamlayıcı Etki Raporu Oxford, 1, 1-15
- Wamba-Taguimdje, S. L., Wamba, S. F., Kamdjoug, J. R. K., & Wanko, C. E. T. (2020). Yapay zekanın (YZ) firma performansı üzerindeki etkisi: Yapay zeka tabanlı dönüşüm projelerinin iş değeri. İş Süreçleri Yönetimi Dergisi. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0411>
- Wang, P., Yao, J., Wang, G., Hao, F., Shrestha, S., Xue, B., ... & Peng, Y. (2019). Su kirliliği özelliklerinin belirlenmesi ve su kalitesi kirleticilerinin kaynağının izlenmesi için yapay zeka teknolojisinin uygulanmasının araştırılması. Science of The Total Environment, 693, 133440. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.246>
- Wang, X., ve diğerleri (2022). Makine Öğreniminin Gıda Güvenliğinin İzlenmesi ve Tahminine Uygulanması: Bir İnceleme. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 21(1), 416-434.
- Wani, O. A., Akhter, F., Kumar, S. S., Babu, S., Kanth, R. H., Mir, S. A., Mahdi, S. S., Malik, A. R., Bangroo, S., Gaafar, A.-R. Z., ve diğerleri (2023). Biyokütle türevli biyokömür ile toprak erozyonunun azaltılması: Hammadde türleri ve piroliz sıcaklığının etkisinin araştırılması. Land, 12(12), 2111. <https://doi.org/10.3390/land12122111>
- Ward, D., Melbourne-Thomas, J., Pecl, G. T., Evans, K., Green, M., McCormack, P. C. ve diğerleri (2022). Deniz Yaşamının Korunması: Biyoçeşitliliğin ve Ekosistemlerin Korunması. Balık Biyolojisi ve Balıkçılık İncelemeleri, 32, 65-100. <https://doi.org/10.1007/s11160-022-09700-3>
- Wazid, M., Das, A. K., Chamola, V., & Park, Y. (2022). Siber güvenlik ve makine öğrenimini birleştirme: Avantajlar, zorluklar ve gelecekteki araştırmalar. ICT Express, 8(3), 313-321. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2022.04.007>
- Wei, M. C. F., Maldaner, L. F., Ottoni, P. M. N., & Molin, J. P. (2020). Havuç verim haritalaması: makine öğrenimine dayalı bir hassas tarım yaklaşımı. AI, 1(2), 229-241. <https://doi.org/10.3390/ai1020015>
- Wheeldon, A., Shafik, R., Rahman, T., Lei, J., Yakovlev, A., & Granmo, O.-C. (2020). IoT uygulamaları için öğrenme otomati tabanlı enerji tasarruflu yapay zeka donanım tasarımı. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 378(2182), 20190593. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0593>
- Wilhelm, R. C., Van Es, H. M., & Buckley, D. H. (2022). Mikrobiyom ve denetimli makine öğrenimi kullanarak toprak sağlığı ölçümlerinin tahmin edilmesi. Soil Biology ve Biochemistry, 164, 108472. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108472>.
- Willcock, S., Martínez-López, J., Hooftman, D.A.P., Bagstad, K.J., Balbi, S., Marzo, A., Prato, C., Sciandrello, S., Signorello, G., Voigt, B., Villa, F., Bullock, J.M., Athanasiadis, I.N. (2018). Makine

- ekosistem hizmetleri için öğrenme. *Ecosystem Services*, 33, Part B, 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.04.004>
- Williams, D., & Shipley, G. (2021). Yapay zekayı yerli bilgelikle geliştirmek. *Open Journal of Philosophy*, 11(1), 43-58. <https://doi.org/10.4236/ojpp.2021.111005>
- Willi, M., Pitman, R. T., Cardoso, A. W., Locke, C., Swanson, A., Boyer, A., ... & Fortson, L. (2019). Derin öğrenme ve vatandaş bilimi kullanarak kamera tuzağı görüntülerindeki hayvan türlerini tanımlama. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(1), 80-91.
- Wolf, T., Debut, L., Sanh, V., Chaumond, J., Delangue, C., Moi, A., Cistac, P., Rault, T., Louf, R., Funtowicz, M., Davison, J., Shleifer, S., von Platen, P., Ma, C., Jernite, Y., Plu, J., Xu, C., Le Scao, T., Gugger, S., Drame, M., Lhoest, Q., & Rush, A. M. (2020). Transformers: Son teknoloji doğal dil işleme. Doğal Dil İşlemede Ampirik Yöntemler 2020 Konferansı Bildirilerinde: Sistem Gösterimleri (s. 38-45). Association for Computational Linguistics (ACL). doi:10.18653/V1/2020.EMNLP-DEMOS.6
- Dünya Bankası. (2021). Gelişmekte Olan Ülkelerde Dijital Uçurumun Kapatılması. Dünya Bankası'ndan alınmıştır.
- Dünya Ekonomik Forumu. (2024). Yapay zekanın iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olduğu 9 yol, <https://www.weforum.org/agenda/2024/02/ai-combat-climate-change/>
- Xu, Z., Campbell, A. G., Dev, S., & Liang, Y. (2022). İklim değişikliği krizinin farkındalığı için sanal gerçeklik araştırması: Deniz seviyesinin yükselmesine ilişkin bir simülasyon. Sürükleyici Öğrenme Araştırma Ağı 8. Uluslararası Konferansı (iLRN 2022). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.01583>
- Yaiprasert, C., & Hidayanto, A. N. (2023). Yemek Dağıtım İşinde Dijital Pazarlama Stratejilerini Geliştirmek için Yapay Zeka Güdümlü Topluluk Üç Makine Öğrenimi. *Intelligent Systems with Applications*, 18, 200235.
- Yang, C.-T., Chen, H.-W., Chang, E.-J., Kristiani, E., Nguyen, K. L. P., & Chang, J.-S. (2021). Partikül maddelerin (PM) izlenmesi ve kontrolünde AIoT uygulamalarının mevcut ilerlemeleri ve gelecekteki zorlukları. *Journal of Hazardous Materials*, 419, 126442. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126442>
- Yang, M., Chen, L., Wang, J., Msigwa, G., Osman, A. I., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2023). İklim değişikliği ve diğer çevresel sorunlarla mücadele için döngüsel ekonomi stratejileri. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 55-80. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01499-6>
- Yang, T., Yi, X., Lu, S., Johansson, K. H., & Chai, T. (2021). Endüstriyel Yapay Zekanın Yönlendirdiği Proses Endüstrisi için Akıllı Üretim. *Engineering*, 7(9), 1224-1230. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.04.023>
- Yeung, P. S., Fung, J. C.-H., Ren, C., Xu, Y., Huang, K., Leng, J., & Wong, M. M.-F. (2020). MEGA-kentsel bölgelerde farklı iklim değişikliği senaryoları altında gelecekteki kentleşmenin yerel iklim üzerindeki etkisinin araştırılması: Çin'in İnci Nehri Deltası üzerine bir vaka çalışması. *Atmosphere*, 11(7), 771. <https://doi.org/10.3390/atmos11070771>
- Yin, X., Li, J., Kadry, S. N., & Sanz-Prieto, I. (2021). Karasal ekosistemlerin çevresel restorasyonu için yapay zeka destekli akıllı planlama çerçevesi. *Environmental Impact Assessment Review*, 86, 106493.

- Yokoyama, A. M., Ferro, M., de Paula, F. B., Vieira, V. G., & Schulze, B. (2023). Makine öğreniminin enerji tüketiminde donanım ve yazılım yönlerinin araştırılması: Yeşil yapay zeka merkezli bir analiz. *Eşzamanlılık ve Hesaplama: Practice and Experience*, 35(24), e7825.
- Youssef, A., El-Telbany, M., & Zekry, A. (2017). Foto-voltaik sistem tasarımı ve kontrolünde yapay zekanın rolü: Bir inceleme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.046>
- Yue, X.-L., & Gao, Q.-X. (2018). Doğal sistemlerin ve insan faaliyetlerinin sera gazı emisyonlarına katkıları. *Advances in Climate Change Research*, 9(4), 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2018.12.003>
- Zamee, M. A., & Won, D. (2020). Dinamik öğrenme için yeni mod uyarlamalı yapay sinir ağı: Yenilenebilir enerji kaynakları güç üretimi tahmininde uygulama. *Energies*, 13(23), 6405. <https://doi.org/10.3390/en13236405>
- Zhang, Y., ve diğerleri (2023). Yapay zeka tabanlı afet hasar değerlendirmesinde model genelliğini optimize etme üzerine: Öznel mantık güdümlü bir kalabalık-AI hibrit öğrenme yaklaşımı. *Uluslararası Ortak Yapay Zeka Konferansları Organizasyonu*. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2023/701>
- Zhang, Z., Zheng, Y., Qian, L., Luo, D., Dou, H., Wen, G., Yu, A., & Chen, Z. (2022). Sürdürülebilir CO2 yönetim malzemelerinde ortaya çıkan trendler. *Advanced Materials*, 34, 2201547. <https://doi.org/10.1002/adma.202201547>
- Zhao, X., Wang, L., Zhang, Y. ve diğerleri (2024). Bilgisayarla görmede evrişimli sinir ağları üzerine bir inceleme. *Artificial Intelligence Review*, 57, 99. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10721-6>
- Zhou, C., Li, Q., Li, C., Yu, J., Liu, Y., Wang, G., Zhang, K., Ji, C., Yan, Q., He, L. ve diğerleri (2023). A Önceden eğitilmiş temel modeller üzerine kapsamlı bir araştırma: BERT'ten ChatGPT'ye bir tarihçe. *arXiv ön baskı arXiv:2302.09419*. <https://arxiv.org/abs/2302.09419> adresinden alındı.
- Zhu, M., Wang, J., Yang, X., Zhang, Y., Zhang, L., Ren, H., Wu, B., & Ye, L. (2022). Su Kalitesi Değerlendirmesinde Makine Öğrenimi Uygulamalarının Gözden Geçirilmesi. *Eco-Environment & Health*, 1, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.eehl.2022.06.001>
- Žust L, Fettich A, Kristan M, Ličer M (2021) HIDRA 1.0: Kuzey Adriyatik'te derin öğrenme tabanlı topluluk deniz seviyesi tahmini. *Geosci Model Dev* 14(4):2057-2074. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-2057-2021>