

Afet Yönetimi Döngüsünde Yapay Zekâ Uygulamaları: Olanaklar, Sınırlılıklar ve Riskler

Hatice KOÇ 

Doç. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ankara, Türkiye / Assoc. Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ankara, Türkiye

Öz

Afet ve acil durum yönetimi, toplumların afetlere karşı dayanıklılığını artırmayı ve olası can ile mal kayıplarını en düşük seviyede tutmayı amaçlayan stratejik bir süreçtir. Dijital çağın getirdiği dönüşüm, fiziksel ve sanal sistemler arasındaki sınırları büyük ölçüde ortadan kaldırmış; bu durum, afet yönetiminde teknolojik araçların kullanımını zorunlu ve belirleyici bir unsur hâline getirmiştir. Özellikle Yapay Zekâ (YZ) teknolojilerinin yükselişi, afetlerin erken tespiti, etkilerinin azaltılması ve müdahale süreçlerinin iyileştirilmesi açısından yenilikçi bir paradigma sunmaktadır. Bu çalışma, nitel bir araştırma yaklaşımıyla YZ tabanlı sistemlerin farklı afet türlerine yönelik uygulama alanlarını analiz etmekte ve bu teknolojilerin afet yönetimi sürecine dâhil aktörlere sağladığı stratejik, operasyonel ve analitik katkıları incelemektedir. Araştırma sonuçları, YZ'nin afet yönetiminde karar verme süreçlerini rasyonelleştirdiğini, veri odaklı analizlerle öngörü gücünü artırdığını ve kaynakların daha etkin kullanılmasına katkı sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, etik, hukuki ve güvenlik boyutlarında yeterli düzenlemelerin yapılmaması durumunda, YZ teknolojilerinin yeni türden insan kaynaklı krizleri tetikleyebileceği tespit edilmiştir. Dolayısıyla, afet ve acil durum yönetiminde YZ'nin entegrasyonu yalnızca teknik bir yenilik olarak değil, aynı zamanda etik yönetim, toplumsal güvenlik ve sürdürülebilirlik eksenlerinde yeniden düşünülmesi gereken bütüncül bir dönüşüm süreci olarak ele alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Afet Yönetimi Döngüsü, Etik, Yapay Zekâ, Yönetişim

Artificial Intelligence Applications in the Disaster Management Cycle: Opportunities, Limitations, and Risks

ABSTRACT

Disaster and emergency management is a strategic process aimed at enhancing societal resilience against disasters and minimizing potential losses of life and property. The transformation brought about by the digital age has largely dissolved the boundaries between physical and virtual systems, making the use of technological tools an indispensable and defining element in disaster management. In particular, the rise of Artificial Intelligence (AI) technologies offers an innovative paradigm for the early detection of disasters, the mitigation of their impacts, and the improvement of response processes. Adopting a qualitative research approach, this study analyzes the application areas of AI-based systems in combating various types of disasters and examines the strategic, operational, and analytical contributions these technologies provide to the actors involved in disaster management. The findings indicate that AI enhances disaster management by rationalizing decision-making processes, strengthening predictive capacity through data-driven analyses, and promoting more efficient resource utilization. However, the study also reveals that insufficient ethical, legal, and security frameworks may lead AI technologies to trigger new forms of human-induced crises. Therefore, the integration of AI into disaster and emergency management should not be regarded merely as a technical innovation but as a comprehensive transformation process that must be reconsidered within the axes of ethical governance, human security, and sustainability.

Keywords: Artificial Intelligence, Disaster Management Cycle, Ethics, Governance

1. GİRİŞ

Afetler, doğaları gereği ani ve fiziksel yıkım yaratan, toplumsal düzenin sürekliliğini tehdit eden, yönetim sistemlerinin esneklik sınırlarını zorlayan ve teknolojik altyapıların dayanıklılığını zorlayan çok boyutlu krizlerdir. Afetler, doğal, teknolojik ya da insan kaynaklı olması fark etmeksizin, mevcut kırılganlıkları derinleştirmekte ve yeni risk alanları yaratmaktadır. Günümüzde özellikle küresel ölçekte yaşanan kentleşme dinamikleri, iklim değişikliğine bağlı krizler, enerji ve ulaşım gibi temel altyapılara duyulan yüksek bağımlılık ile sosyo-politik eşitsizliklerin artışı, afetlerin sıklığını ve yıkıcılığının boyutunu artırmaktadır. Bu durum, afetlerin "olağandışı" olma özelliğini toplumların sürdürülebilirliği açısından sürekli yapısal bir tehdit unsuru haline getirmiştir. Gelineen noktada afet yönetimi, müdahale ve kriz çözümüne odaklı reaktif bir yaklaşım olmaktan çıkarak; risklerin önceden belirlenmesi, kaynakların etkin dağılımı, toplumsal hazırlık kapasitesinin artırılması ve iyileştirme süreçlerinin planlanması gibi aşamaları içeren döngüsel bir planlama alanı olarak yeniden konumlanmıştır. Bu döngüsel yaklaşımla afetler, "ani bir olay" değil; bir "süreç" olarak ele alınmakta (Merriam-Webster, 2022), proaktif ve çok aktörlü bir yönetim gerektirmektedir.

Afet yönetimi döngüsü dört temel aşamayı kapsamaktadır: risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme. Bu aşamaların her biri farklı karar düzeyleri, aktör yapıları ve veri gereksinimleri içermektedir ve bu yapı, bilgiye dayalı karar verme süreçlerinin etkinliğini doğrudan etkilerken; afet yönetimiyle ilişkili teknolojik altyapıların da sürekli olarak güncellenmesini zorunlu kılmaktadır (FEMA, 1997). Bu bağlamda yapay zekâ (YZ), afet yönetiminin tüm aşamalarında veri toplama, analiz, yorumlama ve senaryo üretme gibi işlevler üstlenen bir araç haline gelmiştir. YZ uygulamaları, afet döngüsünde risk haritalama, erken uyarı sistemleri, kaynak planlaması, insansız hava araçlarıyla veri toplama, görüntü işleme yoluyla hasar analizi, afet sonrası yeniden yapılanma modellemeleri gibi alanlarda kullanılmaktadır (Angın, 2024). Bununla birlikte, bu uygulamalar teknik sınırlılıklar, etik sorunlar ve yönetsimsel açmazlara yol açmaktadır. Özellikle algoritmik önyargılar, veri temsiliyet sorunları, mahremiyet riskleri ve insan karar vericilerin sistemden dışlanması gibi konular, afet-YZ etkileşiminde sorun alanları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma, afet yönetimi döngüsünde YZ uygulamalarını inceleyerek, bu teknolojilerin üstlendiği işlevleri ve uygulamaların sınırlılıkları ve risklerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, YZ teknolojilerinin afet döngüsünde, hangi karar süreçlerine entegre edildiği; bu uygulamaların teknik, etik ve yönetsimsel açılardan ne tür sınırlarla karşı karşıya olduğu ve YZ'nin afet yönetimindeki kullanımının gelecekte ne tür senaryolar doğurabileceği ele alınmaktadır. Çalışma, üç temel varsayıma dayanmaktadır: İlk olarak, YZ teknolojilerinin afet yönetimi süreçlerini daha hızlı, doğru ve kapsayıcı hale getirme potansiyeline sahip olduğu kabul edilmektedir. İkinci olarak, bu teknolojilerin gelişimi ve kullanımı beraberinde bazı sınırlılıklar ve yeni risk alanları da üretmektedir. Son olarak, YZ'nin afet yönetiminde etkili kullanımına dair karar süreçlerinin yalnızca teknik boyutlarla sınırlı kalmadığı; aynı zamanda etik, yönetsimsel ve toplumsal açılardan da değerlendirilmesi gerektiği varsayılmaktadır.

Bu araştırma, yöntem olarak nitel belge analizine dayanmaktadır. Veri kaynağını, afet yönetimi ve yapay zekâ ilişkisine dair mevcut literatür oluşturmaktadır ve çözümleme sürecinde doküman analizi tekniklerinden yararlanılmıştır. İnceleme hem kuramsal yaklaşımları hem de uygulama örneklerini içerecek şekilde yapılandırılmıştır. Bu doğrultuda çalışmada öncelikle afet yönetimi ve yapay zekâ kavramları kuramsal düzlemde ele alınmış; disiplinler arası literatür temelinde afet-YZ etkileşiminin kavramsal çerçevesi ve YZ'nin afet yönetimi döngüsünde (azaltma, hazırlık, müdahale, iyileştirme) uygulamaları analiz edilmiştir. Ardından, bu uygulamaların doğurduğu teknik sınırlılıklar, etik ve yönetsimsel riskler tartışılmış, son olarak değerlendirme, YZ destekli afet yönetiminin geleceğine dair üç senaryo önerisiyle tamamlanmıştır. Çalışmayla, afet yönetimi ile teknolojik altyapıların kesişim noktasında konumlanan YZ uygulamalarına dair bir bakış açısı sunmayı; uygulayıcı aktörlere ve politika yapıcılara analitik bir değerlendirme çerçevesi önermeyi ve literatürdeki mevcut tartışmalara eleştirel bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

2. KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Afet Kavramı ve Yönetim Döngüsü

Başlangıçta yalnızca fiziksel ve doğa kaynaklı bir olgu olarak ele alınan ve “Büyük hasar, kayıp veya yıkım getiren ani bir felaket olayı” şeklinde tanımlanan afet (Merriam-Webster, 2022), jeofiziksel bir anomali olarak görülmüş ve toplumun yapısal kırılganlıkları, kurumsal kapasitesi ve sosyal etkilenme biçimleri göz ardı edilmiştir. Son kırk yılda gelişen disiplinlerarası afet araştırmaları, afetlerin yalnızca doğa kaynaklı olaylar olmadığını, aynı zamanda toplumların kırılgan yapılarından beslendiğini ortaya koymuştur. Zamanla, toplumların başa çıkma kapasitesini aşan, kayıp ve hasara yol açan olayların da (Lindell, Perry ve Prater, 2006) afet olarak değerlendirilmesiyle afetin fiziksel boyutunun yanı sıra sosyal bir olgu olduğu kabul edilmiştir. Benzer şekilde, afetin olağanüstü çaba gerektiren, toplumun işleyişini kesintiye uğratan olaylar olarak tanımlandığı diğer çalışmalar (Noji, 2000) da afetleri yönetim, müdahale kapasitesi ve toplumsal dirençlilik açısından ele almaktadır. Bu çerçevede afet, bir doğa olayı olarak görülmesinin ötesine geçerek insan ve toplum faktörleriyle şekillenen bir sosyal yapı-olay kesişimi olarak değerlendirilmektedir (Wisner vd., 2004).

Afet tanımındaki bu gelişme, afetlerin sonuçlarının da fiziksel ve niceliksel ölçütlerin yanında toplumsal eşitsizlikler, mekânsal adaletsizlikler ve yönetim kapasitesi gibi niteliksel ölçütlerle değerlendirilebilecek yeni faktörlerin de analize dahil edilmesini gerekli kılmıştır. Aynı büyüklükteki bir deprem, farklı ülkelerde farklı can ve mal kaybına neden olmaktadır bu nedenle “doğa olayı” ile “afet” arasında ayrım yapılması gerekmiştir. Geline nokta da afet, toplumsal yapılar ile doğa olaylarının kesişiminde ortaya çıkan çok boyutlu bir kriz biçiminde kavramsallaştırılmıştır (Quarantelli, 2000).

Afet kavramının genişleyen çerçevesi, afet sınıflandırmasına da yansımıştır. Afetler genellikle üç ana kategoride ele alınmaktadır: doğal afetler (deprem, sel, volkan patlaması), teknolojik afetler (endüstriyel kazalar, nükleer sızıntılar) ve antropojenik afetler (savaş, göç, terör). Bu sınıflandırmada yer alan her afet türü, hazırlık ve müdahale stratejileri açısından farklı kaynaklara ve aktör yapılarına ihtiyaç duymaktadır. Özellikle teknolojik ve antropojenik afetlerde, karar vericilerin kriz dinamiklerine müdahale biçimleri politik ve etik boyutlar kazanmaktadır (Alexander, 2002).

Afetin yönetimi süreci, modern afet kuramlarında “afet yönetimi döngüsü” olarak adlandırılan çerçeveye dayanmaktadır. Bu döngü; azaltma (mitigation), hazırlık (preparedness), müdahale (response) ve iyileştirme (recovery) olmak üzere dört aşamayı içermektedir ve afeti yalnızca bir kriz anı değil, öncesi ve sonrası olan sürekli bir süreç olarak ele almaktadır. Bu yönüyle afet yönetimi, yalnızca müdahale temelli bir yaklaşım değil, önleyici, hazırlayıcı ve iyileştirici süreçleri bütünleştiren sistematik bir yönetim alanıdır (FEMA, 1997).

- Azaltma aşaması, riskin kaynağına yönelik müdahaleleri kapsamaktadır ve burada amaç, afetin oluşması hâlinde ortaya çıkacak zararları minimize etmektir. Kentsel planlamada fay hatlarının yapılaşmadan arındırılması, erken uyarı sistemlerinin kurulması ve yasa/regülasyonların oluşturulması bu kapsamda değerlendirilmektedir. Süreç, teknik, siyasi ve yönetsel kararların ürünüdür.
- Hazırlık aşaması, afet anına yönelik kapasite geliştirme sürecini ifade eden bu aşama, eğitim, farkındalık çalışmaları, kurumlar arası koordinasyon protokolleri ve acil durum tatbikatları gibi faaliyetleri kapsamaktadır. Hazırlık aşaması, devlet kurumlarının yanı sıra bireylerin ve toplulukların da risk algısı ve eylem kapasiteleriyle doğrudan ilişkilidir (Tierney ve Oliver-Smith, 2012).
- Müdahale aşaması, kaynakların hızlı ve etkili biçimde seferber edilmesi amacıyla afet gerçekleştiği anda devreye giren bu aşama, iletişim, ulaşım ve sağlık altyapılarında direnç sağlanması açısından önemlidir ve hazırlık aşaması ile doğrudan ilgilidir.
- İyileştirme aşaması, afet sonrasında fiziksel ve toplumsal toparlanma anlamına gelir. Süreçte hasar gören altyapının onarılmasını yanı sıra toplumsal dayanışma, psikolojik iyileşme ve sosyal hizmetlerin sağlanması gibi faaliyetler yürütülmektedir. Ayrıca afet sonrası kurumsal öğrenme için de geribildirim mekanizmasıdır. Bu süreçte toplanan geribildirimler, azaltma stratejilerine dönüştürülerek döngünün başlamasına ve devamına katkıda bulunur (Keim ve Abrahams, 2012).

Afet yönetiminin başarısı, plan ve müdahale protokollerinin kalitesinin yanında kurumsal koordinasyon, paydaşlar arası iş birliği ve bilgi sistemlerinin entegrasyonu ile de yakından ilgilidir. Bu nedenle afet yönetimi, klasik devlet yönetiminin sınırlarını genişletmekte ve mühendislikten sosyolojiye, psikolojiden bilgi teknolojilerine uzanan inter ve multi disiplinler ve yönetim temelli çok aktörlü bir yönetim gerektirmektedir (Van Wart ve Kapucu, 2011).

2.2. Yapay Zekâ: Temel Kavramlar ve Yetenek Alanları

YZ, modern yönetim sistemlerinin veri odaklı dönüşümünde merkezi bir rol oynayan sosyo-teknik bir paradigmayı ifade eden bir teknoloji bütünüdür. YZ, insan zekâsını taklit ederek algılama, öğrenme, akıl yürütme ve problem çözme becerilerini makinelerle kazandırmayı amaçlayan sistemler bütünüdür (Russell ve Norvig, 2021). Bu konuda yürütülen çalışmalar, bilişsel süreçlerin modellenmesi ve bu bilişsel süreçlerin verilen görevleri daha hızlı ve doğru biçimde yerine getirebilecek yazılım ve donanımların geliştirilmesi kapsamaktadır. YZ sistemleri, geleneksel bilişim sistemlerinden ve çözümlerinden özerk hareket kabiliyeti ve çevresel değişkenlere adaptasyon özellikleri nedeniyle farklı ve daha ileridir. Bu nedenle yüksek belirsizlik içeren afet alanında karar destek kapasitesini oluşturma ve gücünü artırmada kritik öneme ulaşmıştır. YZ'nin başarısı; teknik özelliklerinin yanı sıra veri kalitesi, algoritma güvenliği ve insan-yapay sistem etkileşiminin tasarımıyla da doğrudan ilişkilidir (Russell ve Norvig, 2021).

YZ'nin temel bileşenleri arasında algoritmalar, veri setleri, bilgi temsilleri ve makine öğrenimi (machine learning - ML) sistemleri yer almaktadır. Özellikle gözetimli ve gözetimsiz öğrenme teknikleri, afet döngüsünde elde edilen verilerden anlam çıkarma süreçlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca yapay sinir ağları, karar ağaçları, bulanık mantık gibi modelleme araçları afet yönetimi süreçlerinde tahminleme, kategorizasyon ve optimizasyon görevlerinde kritik öneme sahiptir. YZ'nin afet sürecinde kullanılabilmesi için çok kaynaklı verilerin bütünleştirilmesi ve kategorizasyonu gerekmektedir ayrıca üretilen veri setinin gerçek zamanlı analiz edilmesi gerekmektedir. Literatürde bu tür sistemlere "öğrenen sistemler" adı verilen bu sistemlerde algoritmaların adaptasyon kapasitesinin yüksek olması ve çevresel geri bildirimlere duyarlı şekilde kendini yenileyebilmesi beklenir (Kuglitsch vd., 2022).

Afet yönetiminde YZ güçlü ve kritik önemli kılan husus, büyük veri (big data) ile entegre olabilme becerisiyle ilgilidir. Sensörler, sosyal medya akışları, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve IoT cihazları gibi kaynaklardan elde edilen verilerin ulaştığı devasa boyut geleneksel analiz yöntemleriyle yönetilememektedir ve bu noktada YZ sistemleri, anlamlı örüntüleri keşfetme, anomali tespit etme ve zaman içinde öğrenme becerileriyle afet yönetiminde öne çıkmaktadır. Geçmiş afet verilerinden eğitilen sistemler, ortaya çıkan yeni afetlerde risk değerlendirmelerinde daha isabetli veriler üretebilmektedir. Ancak bu faydayı sağlamasında veri bütünlüğü, kaynak çeşitliliği ve etik kullanım sorunları gibi sorunlar da bu entegrasyonun bir sonucu olarak ortaya çıkabilmektedir (Linardos vd., 2022; Jordan, 2019).

YZ'nin uygulamada kullanılan en yaygın araçlarından biri olan Makine öğrenimi (ML) algoritmaları, YZ sistemlerinin öğrenerek gelişmesini sağlayan istatistiksel tekniklere dayanmakta ve afet yönetimi döngüsünde tehlike sınıflandırması, hasar tahmini, tahliye planlaması gibi fonksiyonlar üstlenmektedir. Derin öğrenme gibi yeni metotlar sayesinde verilerden afet sonrası uydu görüntülerinden hasar tespiti yapmak gibi otomatik yorumlar yapılabilmektedir. ML modellerinin başarısı, verinin sayısı ve çeşitliliğinin yanı sıra modellerin eğitim sürecinin iyi tasarlanmış olması ve kullanılan parametrelerin tüm veriyi kategorize edip sistemin öğrenmesine yardımcı olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Ancak ML sistemlerinin öngörülemez "kara kutu" yapıları, açıklanabilirlik ve hesap verebilirlik ile ilgili önemli sorunları da gündeme getirmektedir (Çelik ve Seveli, 2022).

YZ'nin afet yönetimi döngüsündeki önemli katkılarından biri de karar destek sistemleridir (decision support systems - DSS). DSS sayesinde, pek çok kritere göre oluşturulabilecek karar ağaçları milyonlarca değişkeni değerlendirip senaryo modelleme ve belirsizlik durumlarında optimizasyon yaparak karar vermeye yardımcı olabilmektedir. Çok paydaşlı ve yönetim süreçlerinin etkin kullanılmasını gerektiren afet yönetimi süreçleri, belirsizlik, zaman baskısı ve pek çok değişkenden oluşan devasa veri setlerine dayalı karar alma süreçlerinde DSS karar vericilere sistematik rehberlik sunmaktadır. YZ destekli DSS'ler, geçmiş olaylardan öğrenme, senaryo simülasyonu ve öneri üretme gibi fonksiyonlar yüklense de nihai kararı otomatikleştirmesi değil,

insan-makine işbirliğinin optimizasyonunu sağlayarak insan karar vericileri desteklemesi afet sürecinde kararların isabetliliğini artırmaktadır (Jung vd., 2020).

YZ'nin afet yönetimi döngüsüne stratejik olarak katkısı Durumsal farkındalık (situational awareness)tır. Durumsal farkındalık, afet anında durumun algılanması, yorumlanması ve gelecekteki gelişmelerin öngörülmesini ifade etmektedir. Çoklu veri akışlarını analiz edebilen YZ, gerçek zamanlı durum değerlendirmesi yapabilir ve böylece kriz anında daha hızlı ve doğru müdahale kararı alınmasını kolaylaştırabilmektedir. Teknik, bilişsel ve organizasyonel becerilerin entegrasyonu YZ, trafik akış verileri yorumlanmasından sosyal medya verilerinin analizinden toplumsal tepkilerin eğiliminin ölçülmesine kadar pek çok konuda durumsal farkındalığa katkı sağlamaktadır (Riccardi, 2016).

YZ'nin afet yönetim döngüsüne önemli katkılarından biri de özellikle İHA'lar (insansız hava araçları), robotik sistemler ve otomatik alarm mekanizmalarının yaygın kullanıldığı otomasyon kapasitesidir. Otomasyon sayesinde, tehlikeli alanlarda insan hayatını riske atmaksızın çalışılabilmektedir ancak bu sistemlerin bağımsız hareket etmesi, afet yönetimi gibi risk oranının çok yüksek olduğu bir alanda karar alma süreçlerinde sorumluluk tartışmalarına yol açmıştır. Çevresel değişkenlere adaptasyon ve karar algoritmalarının esnekliğine bağlı olan Otonom sistemlerin başarısı, YZ zekâ sistemlerinin gerçek zamanlı karar alması nedeniyle etik sınırlara ve insan haklarına uygunluk açısından sınırlıdır (Guizzo, 2020; Murphy, 2014).

Sonuç olarak, YZ teknolojilerinin afet yönetimi döngüsündeki yetenek alanları hem teknik düzeyde hem de yönetimsel, etik ve sosyo-kültürel düzeylerde karşımıza çıkmaktadır. YZ sistemlerinin afet yönetimine entegrasyonu; hız, doğruluk ve maliyet avantajları sunsa da yeni kırılganlıklara neden olma riski taşımaktadır. Teknolojinin tarafsız olmadığı ve algoritmik kararların toplumsal etkiler yarattığı kabulüyle, afet yönetiminde YZ kullanımı ve YZ tasarımlarında bu kırılganlıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışma, sonraki bölümlerde bu sistemlerin afet döngüsü içindeki uygulamalarını ve beraberinde getirdiği riskleri daha ayrıntılı şekilde inceleyecektir (Zhang, 2021).

2.3. Afet ve Yapay Zekâ Kesişiminde Kuramsal Yaklaşımlar

Yapay zekâ (YZ) ile afet yönetimi arasındaki kesişim, teknolojik entegrasyon ve sosyo-teknik sistemlerin yeniden yapılandığı bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Afet zekâsı (disaster intelligence) olarak kavramsallaşan bu kesişim, afetlerin hem öncesini hem de sonrasını çok kaynaklı verilerin analizi yoluyla öngörme kapasitesini ve bunların afet döngüsündeki kararlara yansımaları ifade etmektedir. Afet zekâsı, uzaktan algılama, sosyal medya analizi ve nesnelerin interneti (internet of things - IoT) gibi bileşenleri kullanarak afetlerle ilgili durumsal farkındalığı artırma kapasitesine sahiptir. Bu sistemler veriyi analiz ederek karar destek sistemlerine entegre etmekte ve yönetsel reflekslerin hızını ve isabetini artırmaktadır. Bu nedenle afet zekâsı kavramı, hem teknik hem de kuramsal olarak afet yönetiminin çerçevesini genişletmiştir (Sufi, 2024).

YZ'nin afet yönetiminde kuramsallaşması, belirsizlik altında karar verebilme, öğrenebilme ve çevresel değişkenlere göre kendini uyarlayabilme yeteneklerine sahip algoritmalarla oluşan "akıllı sistemler" temelinde şekillenmektedir. Akıllı sistemlerin afet yönetimi döngüsünde kullanılması klasik komuta-kontrol modellerini dönüştürmektedir. Planlama süreçlerine entegre edilen "öğrenen algoritmalar" afet döngüsünde bilgiye dayalı hareket etme kapasitesini artırmaktadır. Teknik değerlendirmenin yanı sıra karar alma süreçlerine çok aktörlü katılımı da mümkün kılan YZ destekli karar destek sistemleri, karar süreçlerini merkezilikten uzak daha esnek, dinamik ve dağıtık bir yapıya dönüştürmektedir (Angın, 2024).

Bu dönüşümde oluşan, algoritmik karar alma mekanizmaları afet yönetimi literatüründe tartışmalıdır. Afet anında çok hızlı bir şekilde binlerce senaryoyu analiz edebilen Algoritmik sistemler, algoritmaların veri setlerine bağlı önyargıları yeniden üretme riski nedeniyle kriz anlarında kararların adil ve kapsayıcı olmasını zorlaştırmak gibi yeni riskleri ve etik soruları da gündeme taşımaktadır. Ayrıca, algoritmaların karar alma sürecine baskın olması, insan faktörünün dışlanması ve kararların toplumsal meşruiyetinin sorgulanması riski taşımaktadır. Dolayısıyla afet yönetimi gibi kritik bir alanda Algoritmik şeffaflık ve açıklanabilirlik (explainability)in temel ilkeler arasında yer alması ve "insan-makine işbirliği"nde insanın inisiyatif alan taraf olması etik bir zorunluluktur (Dignum, 2019).

Teknik boyutunun yanı sıra politik, kültürel ve psikolojik boyutlarının da kritik öneme sahip olduğu afet yönetiminde insan-makine iş birliğinin kriz anlarında isabetli ve başarılı olması, sistemlerin açıklanabilirliği ve etik ilkelere göre tasarlandığı ile doğrudan bağlantılıdır. Afet yönetimi döngüsündeki karar çatışmaları genellikle teknik değil etik sorunlardan kaynaklanmaktadır, bu nedenle döngüdeki algoritmaların yalnızca verimlilik değil aynı zamanda adalet, kapsayıcılık ve insan onuruna saygı ilkeleriyle uyumlu olarak tasarlanması gerekmektedir (Dignum, 2019).

Afet yönetimi döngüsünde YZ desteğinin başka bir tartışma alanı yönetim bağlamında veri mülkiyeti, algoritmik şeffaflık, sorumluluk zinciri gibi konulardır. Kamu-özel iş birliklerinde kullanılan kapalı kaynak yazılımlar, kriz anlarında şeffaflığı ve hesap verebilirliği azaltmaktadır. Afet yönetimi döngüsü-YZ etkileşiminde, teknolojinin toplumsal bağlamdan soyutlanması da yönetimle ilgili başka bir sorun alanıdır. Afetlerde kullanılan YZ sistemlerinin başarısı toplumsal değerlerle, kültürel yapılarla ve yerel bilgiyle etkileşim içinde olması ile doğrudan ilgilidir aksi takdirde bir toplumda başarılı olan önlemler başka bir toplumda başarılı olmama riski taşımaktadır. YZ, evrensel değil bağlamsal bir araç olarak kullanılması için yerel bilgi sistemleri ile entegre ve halk katılımı ile çalışması gerekmektedir (Balsanoa vd., 2023).

Yapay zekânın afet yönetiminde kuramsallaşması “çözüm üretici” teknik bir araç olmasının ötesinde eşitsizlikleri derinleştirebilecek bir yapı olma riskini göz önünde bulunduran eleştirel bir perspektifle ele alınmalıdır. YZ sistemlerinin yalnızca güçlü veri kaynaklarına sahip bölgelerde işlevsel olması, mekânsal ve sınıfsal eşitsizlikleri artırma riski taşımakta, özellikle veri altyapısı yetersiz bölgelerde bu sistemlerin kapsayıcılığı azalmakta, bu da afet riskinin kırılgan topluluklar üzerinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle afet yönetimi döngüsünde “adaletin sağlanması”, hukuki, teknolojik ve sosyopolitik bir konudur. Dolayısıyla, kullanılan algoritmik modellerin şeffaflığı, açıklanabilirliği ve hesap verebilirliği temel yönetim kriterleridir (Varol ve Buluş Kırıkkaya, 2017).

3. AFET YÖNETİMİ DÖNGÜSÜNDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Aşağıdaki tablo (Tablo 1), YZ teknolojilerinin afet yönetimi döngüsündeki temel uygulama alanlarını ve sağladığı operasyonel faydaları özetlemektedir (Akter ve Wamba, 2019; Abid vd., 2021; Karaca, 2022).

Tablo 1. Yapay Zekânın Afet Aşamalarına Göre Faydaları

Afet Yönetimi Aşaması	Temel YZ Uygulama Alanları	Operasyonel ve Stratejik Faydalar
Azaltma	Erken uyarı sistemleri, CBS tabanlı risk haritalama, sosyal medya duyarlılık analizi.	Yüksek çözünürlüklü tehlike haritaları üretme, potansiyel riskleri önceden belirleme, alternatif müdahale senaryoları test etme.
Hazırlık	Tatbikat simülasyonları, kaynak/lojistik tahsisi algoritmaları, senaryo üretimi.	Karar alma süreçlerinde esneklik, kurumlar arası dijital koordinasyon, minimum maliyetle maksimum etki planlaması.
Müdahale	İHA tabanlı görüntü işleme ve hasar tespiti, gerçek zamanlı kriz yönetim sistemleri.	Olay yeri ve merkez arasında hızlı veri senkronizasyonu, canlı arama optimizasyonu, rotalama ve acil kaynak yönetimi.
İyileştirme	YZ temelli yapısal hasar sınıflandırması, maliyet simülasyonları, duygu/sosyal medya analizi.	Adil ve öncelikli yeniden inşaa planlaması, psikososyal destek ihtiyaçlarının tespiti, kurumsal hafıza ve öğrenmenin güçlendirilmesi.

3.1. Azaltma Aşamasındaki Uygulamalar

Azaltma, afet yönetimi döngüsünün ilk aşamasıdır ve sistematik biçimde risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve ortadan kaldırılması için gerekli çalışmaların yapılmasını kapsamaktadır. YZ bu aşamada, doğal afetlerin öngörülmesinde ve etkilerinin minimize edilmesinde stratejik öneme sahiptir. YZ'nin veri analitiği kapasitesi ile çok katmanlı ve mekânsal değişkenleri hesaba katarak oluşturulacak risk haritalarının isabet oranı yükselmektedir. Bu çerçevede, erken uyarı sistemleri, coğrafi analiz altyapıları ve sosyal medya temelli izleme mekanizmaları, YZ ile bütünleştirilerek karar destek sistemlerine entegre edilmektedir (Sun vd., 2020). Azaltma aşamasında uygulanan bu teknolojik çözümler, afete müdahaleyi sağladığı gibi uzun vadeli dayanıklılık politikalarının formülasyonunda da kullanılmakta ve böylece, afetlerin potansiyel etkileri karşısında daha proaktif ve veri temelli bir yönetim anlayışı inşa edilebilmektedir.

YZ'nin azaltma aşamasındaki en kritik kullanım alanlarından biri olan erken uyarı sistemleri, çoklu veri kaynaklarını (meteorolojik veriler, sismik aktiviteler, iklim değişkenleri vb.) gerçek zamanlı olarak analiz ederek riskli durumları öngörmeye kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, makine öğrenimi algoritmaları sayesinde geçmiş afet örüntüleri modellenmektedir. Bu sayede bu modellerden türetilen tahminlerle potansiyel afetler önceden tespit edilebilmektedir. (Carreno vd., 2007). YZ bu aşamada teknik katkıların yanı sıra sosyopolitik boyutlara da sahiptir çünkü zamanında alınan önlemler, can ve mal kaybının azaltılmasında önemlidir. Ancak erken uyarı sistemlerinin başarısı, sistemin beslediği verilerin doğruluğu ve erişilebilirliğine bağlıdır. Verilerin alınamadığı bölgelerde bu sistemlerin işlevselliği düşmekte, bu da mekânsal adaletsizlik sorununu ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Moreno vd., 2019).

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzamsal analizler, YZ'nin risk azaltma süreçlerinde sunduğu diğer önemli araçlardır ve bu sistemler, yerleşim yerlerinin risk profilleri detaylı şekilde çıkarılmasını, afetlere maruz kalma düzeyleri çok boyutlu olarak değerlendirilebilmesini sağlamaktadır. CBS tabanlı YZ modelleri, topografik özellikler, bina yoğunluğu, altyapı kırılganlığı gibi faktörleri değerlendirerek yüksek çözünürlüklü tehlike haritaları üretmektedir (Linardos vd., 2022). Bu haritalar mevcut risklerin görselleştirilmesini ve alternatif müdahale senaryoları için simülasyon ortamların mümkün kılmaktadır. Örneğin, deprem tehlikesi yüksek bir bölgede, farklı yapılaşma senaryolarının sonuçları önceden test edilebilmektedir. Böylece CBS'ye entegre edilmiş YZ, kent planlamacılarına ve afet yöneticilerine belirleyecekleri stratejilerde ve alacakları kararlarda güçlü öngörü araçları sunarak, uzun vadeli risk azaltımı için veri temelli kararlar alınmasına katkıda bulunmaktadır (Beduschi, 2022).

YZ destekli sosyal medya taramaları, özellikle afet öncesi kamuoyundaki risk algısını belirlemek ve sosyal kırılganlık haritalarını çıkarmak için kullanılan yeni nesil araçlardır. Büyük veri analitiği yöntemleriyle sosyal medya içeriklerinden anlamlı desenler çıkarılmakta, bu içerikler bölgesel risk duyarlılıklarını analiz etmede kullanılmaktadır. Örneğin, sel riski taşıyan bir bölgede paylaşılan mesajların coğrafi dağılımı, vatandaşların algıladığı risk alanlarını göstermektedir. Bu tür analizler, resmi afet haritalarını tamamlayıcı nitelikte olup, yerel bilgiye dayalı mikro düzeyde planlamaları mümkün kılmaktadır (Malawani vd., 2020). Ancak sosyal medya verilerinin kullanımı, aynı zamanda etik tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Bireysel mahremiyet, veri izni ve bilgi güvenliği gibi konular, bu sistemlerin yaygın kullanımında gözetilmesi gereken kritik hususlardır. Bu bağlamda, YZ sistemlerinin toplumsal meşruiyetini sağlayacak şeffaf ve açıklanabilir algoritmalar geliştirilmesi önem arz etmektedir.

YZ ile yapılan risk analizleri, afetten doğrudan etkilenebilecek bölgelerin yanı sıra ikincil ve dolaylı etkiler yaratabilecek yapıların da modellenmesine olanak sağlamaktadır. Böylece ulaşım hatları, enerji ağları ve kritik altyapılar, YZ algoritmalarının ürettiği senaryolarla test edilip kırılganlık düzeyleri belirlenebilmektedir. Örneğin, bir sel durumunda hangi köprülerin yıkılma riski olduğu ya da enerji nakil hatlarının ne ölçüde etkilenebileceği önceden tahmin edilebilmektedir (Munawar vd., 2022). Bu analizler sayesinde doğrudan can ve mal güvenliği ve kesintisiz hizmet sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkün olabilmektedir. Kritik altyapıların riske açık olduğu bölgelerde geliştirilen erken müdahale planları, karmaşık kentsel sistemlerde bütüncül bir afet yönetimi stratejisi geliştirilmesine katkı sağlayarak toplumsal direncin güçlendirmesi bakımından da önemlidir. Bu bağlamda afetlerin neden olduğu eşitsiz etkilerin giderilmesine yönelik sosyal politika üretimi de mümkün olmaktadır (Twigg, 2015).

YZ destekli azaltma uygulamalarının başarısı, modellerin şeffaflığına bağlıdır ve uzman kullanıcılar kadar kamuoyu için de anlaşılabilir olması gerekmektedir. Karar destek sistemleri ile alınan önlemlerin halk nezdinde kabul görebilmesi için erken uyarı sistemlerinden sosyal medya analizlerine kadar pek çok uygulamanın, algoritmik açıklanabilirlik prensibiyle geliştirilmesi önemlidir (Desouza, 2018). Ayrıca bu sistemlerin performansı, afet öncesi ve sonrası dönemlerde yapılacak sürekli güncellemeler ve geribildirim mekanizmaları ile desteklenmelidir. Sonuç olarak, azaltma aşamasında YZ uygulamaları, teknoloji temelli erken müdahale sistemlerinin yanı sıra toplum-temelli risk değerlendirme, sosyal kırılganlık analizi ve yönetim reformları gibi daha geniş kapsamlı stratejilerin de parçası olmaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, riskin fiziksel boyutuyla birlikte sosyo-politik bir inşa süreci olduğunu kabul eden yeni nesil afet yönetimi çerçevesine sahiptir. YZ sistemlerinin bu bütüncül bakış açısında başarılı olabilmesi etik duyarlılık, katılımcı yönetim ve toplumsal kapsayıcılık ilkeleriyle bütünleşmesine bağlıdır.

3.2. Hazırlık Aşamasındaki Uygulamalar

Afet yönetimi döngüsünde kriz henüz gerçekleşmeden önce sistemlerin dayanıklılığını artırmayı, kurumsal koordinasyonu sağlamlaştırmayı ve toplumsal farkındalığı güçlendirmeyi hedefleyen hazırlık aşamasında YZ sistemleri, risk simülasyonları ve kaynak tahsisi algoritmaları yoluyla stratejik bir araçtır. Tatbikatlar, senaryo geliştirme ve kapasite analizleri gibi hazırlık faaliyetleri, veri odaklı modellerle yapılandırılarak sonuçların öngörülebilirliği artırılmaktadır. YZ'nin bu süreçteki rolü, stratejik önceliklerin yeniden belirlenmesi ve yönetsimsel kapasitenin güçlendirilmesine katkıda bulunmaktır (Schwab vd., 2017).

YZ'nin bu aşamada en önemli katkılarından biri olan tatbikat simülasyonlarıyla gerçek afet durumundaki olası senaryoların tecrübesi sağlanabilmekte ve bununla çalışan simülasyon sistemleri, çeşitli afet senaryoları üreterek kurumların ve toplumların tepkilerini modelleme ve test etme olanağı tanımaktadır. Sistemler sayesinde ulaşım ağlarının çökmesi, iletişim kesintileri ya da acil tahliye gereksinimleri gibi durumlar detaylı biçimde modellenenabilmektedir ve bu öngörüler üzerinden politika önerileri geliştirilebilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca tatbikatların dijital ortama taşınması ve senaryoların çeşitliliği ve tekrarlanabilirliği, hem zaman hem maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. Simülasyonun etkinliği, süreçte kullanılan algoritmaların doğruluğuna bağlıdır (Yüksel, 2018).

Hazırlık aşamasının temeli olan bir diğer araç olan senaryo üretiminde YZ, geçmiş afet verilerini ve mekânsal analizleri kullanarak çok değişkenli ve sürekli güncellenebilir risk senaryoları geliştirebilmekte ve olası sonuçları karşılaştırmalı biçimde kategorize edebilmektedir. Bu sistemler, deprem sonrası bina çökme oranları, nüfus tahliye süreleri veya sağlık altyapısının kapasite sınırları gibi değişkenleri içeren kompleks senaryoları üretebilmekte ve karar vericilere senaryoların potansiyel etkisini ölçme ve müdahale stratejilerini önceden planlama imkânı sunarak hazırlık aşamasında esneklik sağlamakta ve karar verme kalitesini artırmaktadır (Barth ve Arnold, 1999). Ayrıca senaryolar mekânsal eşitsizlikleri ortaya çıkararak kaynakların hangi bölgelere öncelik verilerek tahsis edileceği gibi önemli konularda alınacak kararların isabetini artırmaktadır. Bu şekilde kırılgan toplulukların ihtiyaçlarının öne çıkarılarak adil ve eşitlikçi bir afet yönetimi stratejisinin inşa edilmesine katkıda bulunabilmektedir (Chae vd., 2023).

Hazırlık aşamasının kritik boyutlarından kaynak planlaması, afet esnasında ihtiyaç duyulacak malzeme, personel, ulaşım ve iletişim kaynaklarının önceden öngörülerek stratejik biçimde dağıtılmasını kapsamaktadır. Planlama sürecinde, geçmiş afet verilerinden öğrenen ve lojistik senaryoları optimize eden YZ algoritmaları özellikle afet lojistiği modellerinde kullanılan yapay sinir ağları ve evrimsel algoritmalar sayesinde kaynakların minimum maliyetle maksimum etki yaratmasına imkân tanımaktadır. Kaynak planlama süreci, kurumlar arası koordinasyonun dijital tabanlı senkronizasyonunu da mümkün kılar (Van Wart ve Kapucu, 2011). Çünkü YZ destekli hazırlık faaliyetlerinin etkili olabilmesi için sürekli güncellenen veri altyapısı ve çapraz kurumsal iş birliği gerekmektedir ve bu süreçte yerel yönetimlerin kapasitesi, toplumsal aktörlerin katılım düzeyi ve yasal altyapı da belirleyici rol oynamaktadır.

Hazırlık aşamasındaki YZ uygulamalarının etkinliği teknolojik kapasiteye ve kullanıcıların yeterliliklerine de bağlıdır. İnsan-makine iş birliği, teknik bir eşgüdümünden ziyade karşılıklı öğrenmeye dayanan dinamik bir süreç olarak tasarlanmalıdır. Afetle doğrudan yüzleşecek yerel yönetimler, sağlık birimleri ve güvenlik güçleri gibi birimler için geliştirilen sistemlerin sezgisel arayüzlerle kriz anında doğru ve hızlı karar alınması sağlanmalıdır.

Ayrıca YZ'dan beklenen avantajların sağlanması, eğitim, tatbikat ve simülasyonlarla mümkün olmaktadır bu nedenle YZ sistemlerinin kurumsal kapasite, organizasyonel öğrenme ve bireysel yetkinlikler çerçevesinde stratejik planlamayla tasarlanması gerekmektedir (Phillips vd., 2017).

3.3. Müdahale Aşamasındaki Uygulamalar

Afet yönetiminde zamanla yarışın en kritik olduğu müdahale aşaması hayat kurtarma, acil yardım organizasyonu ve durum değerlendirmesi gibi acil eylemleri kapsamaktadır. Bu aşamada kullanılan YZ, gerçek zamanlı veri analitiği, insansız hava araçları (İHA) ile görüntüleme sistemleri ve kriz yönetim platformları gibi bileşenler içermektedir (Ghani ve Gordon, 2022). YZ, hız ve doğruluk özellikleri ile müdahale aşamasında zamanın verimli şekilde kullanılmasına ve bilgiye hızlı erişimin yanında karar vericiler arasında koordinasyonun güçlenmesine katkıda bulunmaktadır (Ramchurn vd., 2016).

YZ bileşenlerinden insansız hava araçları (İHA), afet sonrası durum tespitinde hızlı hareket etme olanağı sunmaktadır. İHA'larla kısa sürede, erişilemeyen ya da güvenli olmayan bölgelere dair yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmekte ve görüntü işleme teknikleri ile bu görüntüler analiz edilerek hasar tespiti, canlı arama ve altyapı değerlendirmesi hayati faaliyetlerin yapılması mümkün olmaktadır (Yıldırım, 2023). Bu sayede, deprem sonrası yıkılmış yapılarda derin öğrenme algoritmalarıyla arama kurtarma operasyonları yapılabilmekte ve zaman ve kaynak tasarrufu sağlanabilmektedir. Ayrıca oluşturulan 3D haritalar, afet sahasının dinamik analizinin yapılmasına imkân tanımakta ve müdahale ekiplerinin nesnel ve veriye dayalı kararlar üretmelerini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra müdahale faaliyetlerinin belgelenmesi ve geriye dönük analizlerin yapılması açısından da büyük bir avantaj sunmaktadır (Phillips vd., 2017).

Yaşanmış afetler bağlamında YZ teknolojilerinin operasyonel değeri, 6 Şubat 2023 depremlerinde somut olarak gözlemlenmiştir. Örneğin Xia vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada, afet sonrası arama-kurtarma faaliyetlerini hızlandırmak amacıyla ultra yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (WorldView2) ve derin öğrenme tabanlı evrişimli sinir ağları (BDANet modeli) kullanılarak binalardaki hasar durumu otonom olarak analiz edilmiştir. Bu YZ modeli, afet öncesi ve sonrası görüntüleri karşılaştırarak yıkılan ve ağır hasar gören binaları geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha hızlı bir şekilde, saatler içinde tespit etmiştir. Dahası, sistem tarafından elde edilen hasar verileri dünya nüfus dağılım verileriyle (WorldPop) entegre edilerek, acil müdahale ekiplerinin yüksek nüfuslu ve ağır hasarlı bölgelere öncelik vermesi sağlanmış ve sınırlı kurtarma kaynaklarının tahsisinde afet yöneticilerine hayati bir karar destek mekanizması sunulmuştur (Xia vd., 2023).

Müdahale süreçlerinde kritik öneme sahip bir diğer bileşen gerçek zamanlı kriz yönetim sistemleri, farklı kurumlardan gelen verileri entegre ederek olay yerinde ve merkezdeki karar vericilerin aldığı bilgilerin senkronizasyonunu sağlamaktadır. Bu sistemler, birden fazla bölgeden gelen acil yardım çağrıları sınıflandırılarak öncelik sırasına koyabilmekte, trafik yoğunluğu, hava koşulları ve sağlık altyapı verilerini analiz ederek yardım araçlarının en etkin rotalarını belirleyebilmekte ve büyük miktarda veriyi hızlı biçimde işleyerek olaylara ilişkin öngörüler sunabilmektedir (Phillips vd., 2017). Ayrıca kamu kurumları arasındaki bilgi paylaşımını kolaylaştırarak müdahale kapasitesini artırmakta; aynı zamanda kaynakların rasyonel dağıtımını da desteklemektedir.

Afet anlarında halktan gelen bilgiler, çoğu zaman resmî kurumların veri akışından daha hızlı olabilmektedir. Bu nedenle müdahale aşamasında sosyal medyanın bilgi kaynağı olarak önemli bir yeri var. Sosyal medya ile ilgili YZ algoritmaları; mesajları filtrelemek, dezenformasyonu önlemek ve konum bazlı kriz haritaları üretmek gibi avantajlara sahiptir (Imran vd., 2022). Yardım çağrıları ya da bölgeye ilişkin görüntüler, kriz sahasına dair bilgi edinme açısından önemlidir fakat bu verilerin doğrulanması, YZ sistemlerinin mahremiyet, veri güvenliği, etik sınırları ve dezenformasyonu önleme kapasitesi bakımından tartışmalıdır. Bu yüzden sosyal medya verilerinin tamamlayıcı veri kaynağı olarak, diğer sistemlerle bütünlük içinde kullanılması önerilmektedir (Reynard ve Shirgaokar, 2019).

İletişim altyapısının çöktüğü durumlarda uydu tabanlı haberleşme, sensör ağları ve mobil baz istasyonları gibi YZ ile entegre çalışan alternatif iletişim sistemleri kullanılarak veri akışının devamlılığı sağlanmaktadır ve sahadaki ekiplerin birbirleriyle ve merkezle koordinasyonunu sürdürmeleri açısından kritiktir. Ayrıca içerik filtreleme ve dil işleme araçları, kitle iletişim araçlarıyla yayılan bilgilerin analizini yapabilen acil durum bilgi

sistemleri, çok dilli veya düşük okuryazarlık düzeyine sahip topluluklarda halkın doğru bilgiye erişimini sağlayarak panik ortamını azaltabilme kapasitesiyle (Altay ve Green, 2006) afet anında bilgiye erişimdeki eşitsizliklerin giderilmesinde katkı sağlayabilmektedir.

YZ, mevcut müdahale verilerinin yanı sıra daha önceki afetlerden elde edilen büyük veri setlerine de dayalı olarak tahminleme yapabilmekte ve geçmiş afet kayıtları, iklim verileri, bina envanterleri ve nüfus hareketliliği gibi değişkenler kullanılarak olası müdahale senaryoları oluşturulabilmekte ve böylece karar vericilerin müdahale planlarını hızlıca devreye alabilmesine olanak sağlamaktadır (Joyce vd., 2009). Bunun yanı sıra kaynak önceliklendirmesi, tahliye planlaması ve sağlık hizmetlerinin yönlendirilmesi gibi konularda daha etkili kararlar alınmasına katkı sağlayarak müdahale aşamasını “anlık tepkiler”den ibaret olmaktan çıkararak daha sistematik ve öngörülü hale getirmektedir.

Ancak müdahale sürecinde YZ'nin kullanımı önemli riskleri de beraberinde getirmektedir: Sistemlerin doğruluk oranı, algoritmik önyargı, hatalı sınıflandırmalar ve aşırı otomasyon gibi konular hayati kayıplara neden olabilir. Bu yüzden sistemin insan karar vericiler tarafından gözden geçirilmesi ve sistemlerin “yardımcı aktör” olarak kullanılması gerekmektedir. Ayrıca kriz ortamında etik kararlar almak YZ sistemleri neredeyse imkansızdır bu nedenle sorumluluğun paylaşılması ve hibrit modellemelere yer verilmesi gerekmektedir. Son olarak, afet müdahalesinde kullanılan YZ sistemlerinin sürdürülebilirliği, ölçeklenebilirliği ve mevcut dijital eşitsizlikleri daha da derinleştirmesi için sistemlerin yalnızca büyük kentler ya da zengin ülkeler için değil; kaynakları sınırlı bölgeler için de erişilebilir olması, düzenli olarak güncellenmesi, sahadaki deneyimle beslenmesi ve kullanıcı dostu hale getirilmesi gerekmektedir (Ramchurn vd., 2010). Müdahale süreçlerine dair teknoloji-politika entegrasyonunun başarısı, bu çok katmanlı yapıların etkin biçimde yönetilmesine ve eğitimli personel, veri kalitesi ve yazılım altyapısı gibi etkenlere doğrudan bağlıdır.

3.4. İyileştirme Aşamasındaki Uygulamalar

Afet yönetiminin fiziksel hasarın giderilmesi kadar toplumsal işleyişin yeniden tesisini de içeren iyileştirme aşaması, bina onarımı ve altyapı çalışmalarından sosyal dokunun güçlendirilmesi, ekonomik canlanma ve kurumsal öğrenme süreçlerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Özellikle geniş ölçekli afetlerde karmaşık yeniden inşa senaryolarının değerlendirilmesinde, YZ temelli karar destek sistemleri zaman ve kaynak planlamasını optimize etme potansiyeli taşımaktadır. Toplanan verilerin modellenmesiyle, benzer afetlere karşı dayanıklı sistemlerin tasarlanması ve iyileştirme sürecinin onarımdan dirençlilik inşasına dönüşümünü mümkün hale gelebilmektedir (Shields, 2023).

Yeniden inşa sürecinde karşılaşılan en önemli zorluklardan biri, etkilenen alanların detaylı analizidir. Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve İHA'lerden elde edilen veriler YZ algoritmalarına entegre edilerek hasar tespit haritaları oluşturulabilmekte, derin öğrenme ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapıların hasar dereceleri otomatik biçimde sınıflandırılabilir (Yıldırım, 2023). Bu sayede hangi bölgelerde yeniden inşanın öncelikli olacağına dair isabetli karar alma ihtimali yükselmekte ve altyapı sistemlerinin (su, elektrik, ulaşım vb.) ne ölçüde etkilendiği de belirlenebilmektedir.

YZ, afet sonrası maliyet tahminlerinin yapılmasında hasarın büyüklüğü, yapı türleri, coğrafi konum, afet türü ve demografik verileri bir araya getirerek ekonomik kayıplar simüle ederek, sigorta şirketleri, kamu kurumları ve uluslararası yardım kuruluşları için planlamada destek olabilmektedir. Bu sayede finansal desteklerin hangi bölgelere ve gruplara ne oranda yönlendirilmesi gerektiği daha adil biçimde belirlenebilmekte ve özellikle düşük gelirli ve yüksek kırılganlık taşıyan toplulukların mağduriyeti azaltılabilmektedir (Sun, Bocchini ve Davison, 2020).

Afetlerden sonra travma sonrası stres, göç ve barınma sorunları gibi konular, sadece fiziksel değil; duygusal ve toplumsal müdahaleler gerektirmektedir ve YZ, iyileştirme sürecinde sağlık ve psikososyal destek mekanizmalarının planlanmasında da kullanılmaktadır. Büyük veri analizleri ve sosyal medya analizleri hangi bölgelerde hangi tür destek hizmetlerine ihtiyaç duyulduğunu belirlemede kullanılabilmektedir (Pandey ve Natarajan, 2016). Bu bilgiler, yerel yönetimlerin ve sivil toplum kuruluşlarının destek programlarını daha hedefli biçimde uygulamasına olanak sağlar.

İyileştirme sürecinin önemli bileşenlerinden kurumsal öğrenme ve kapasite geliştirme, afet sonrası verilerin toplanması, analiz edilmesi ve kurumsal hafızaya işlenmesi, gelecekteki afetlere daha dirençli yanıtlar verilmesini sağlamaktadır. YZ bu aşamada geçmiş afetlerden elde edilen bilgileri sınıflandırmak, örüntüleri analiz etmek ve politika önerileri üretmek amacıyla kullanılmaktadır (Fan vd., 2023). Bu veriler, kamu kurumlarının stratejik planlarına dahil edilerek bilgi temelli yönetim yapılarının gelişmesini desteklemekte ve kamuya açık veri portalları ve açıklanabilir algoritmalar sayesinde hesap verebilirlik artmaktadır. Bu sayede afet yönetimi sistemleri operasyonel olmanın ötesine geçerek kurumsal dönüşümü sağlayan sürdürülebilir bir iyileştirme aracı haline gelmektedir.

Ancak iyileştirme sürecinde YZ'nin kullanımında veri altyapısının yetersiz olduğu bölgelerde sistemlerin başarısı düşerken, gelişmiş bölgeler daha fazla fayda sağlayabilmekte ve bu durum, müdahale sonrası kaynakların eşitsiz dağılımına ve kırılgan grupların daha fazla dışlanmasına yol açabilmektedir (Ramchurn vd., 2010). Ayrıca teknolojik çözümlerin sosyal bağlamdan kopuk biçimde uygulanma ihtimali toplumla çatışma riskini de beraberinde getirmektedir. Bu riski azaltabilmek için YZ tabanlı planlama süreçlerinin etik, kültürel ve yönetsimsel bir çerçevede yerel bilgi sistemleriyle entegre edilmesi, teknolojiye dayalı çözümlerin sosyal kapsayıcılık ilkesiyle bütünleştirilmesi gerekmektedir.

Afet sonrası iyileştirme süreci geçmiş kayıpların telafisin kadar gelecekteki risklerin azaltılmasına da odaklanmayı gerektirir. Geliştirilen planlar, yeni yapılanmaların risk odaklı biçimde şekillendirilmesini amaçlarken; YZ sistemleri, afet risk analizlerini mekânsal planlama süreçlerine entegre ederek bu çabaları veri temelinde şekillendirir. Eğitim, zemin türü, demografik yapı ve geçmiş afet verileri gibi çok değişkenli veriler üzerinden oluşturulan duyarlılık haritaları, afet sonrası planlamayı kısa vadeli teknik müdahalelerin ötesine taşıyarak kurumsal hafızanın güçlendirilmesine katkı sağlar. YZ'nin sunduğu analiz kapasitesi sayesinde iyileştirme süreçleri yalnızca hız kazanmanın ötesinde daha kapsayıcı ve sürdürülebilir hale gelir. Ancak bu süreçte insan merkezli ve etik temelli planlamanın esas alınması ve teknolojiden yardım alınması gerekmektedir. Bu sayede afet sonrası yeniden yapılanma hem eskiyi onaracak hem de adalet, eşitlik ve dirençlilik odaklı bir toplumsal yeniden kurulumu sağlayacaktır anlamı kazanır (Ghani ve Gordon, 2022).

4. YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARININ SINIRLILIKLARI VE RİSKLERİ

4.1. Teknolojik Sınırlar ve Güvenlik Riskleri

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin afet yönetimine entegrasyonu, getirdiği avantajlar kadar teknolojik sınırlar ve güvenlik risklerini de beraberinde getirmekte ve teknolojiye koşulsuz güveni sorgulayan bir bakış açısını zorunlu kılmaktadır. Her şeyden önce teknoloji, ancak altyapısal kapasiteyle desteklendiğinde anlamlı hale gelmektedir; aksi halde sistemler çökmekte ve karar süreçlerini sekteye uğratabilmektedir. YZ sistemlerinin afet ortamlarında işlevsel olabilmesi için yüksek düzeyde veri akışı, donanım gücü ve ağ erişimi gerekmektedir. Ancak afet anlarında elektrik altyapısının çökmesi, iletişim ağlarının devre dışı kalması veya sensör sistemlerinin zarar görmesi gibi durumlar nedeniyle bu bileşenlerin tamamına ulaşmak çoğu zaman mümkün olmamakta ve sistemler çalışamaz hale gelebilmektedir (García-Nieto, 2021).

YZ'ye "aşırı güven" olgusu, afet yönetimi gibi zaman baskısı yüksek ve belirsizliğin yoğun olduğu bir alanda, teknolojik sistemlerin her zaman en doğru kararı verdiği varsayımı oldukça sorunludur. Afet yönetiminde YZ, karmaşık algoritmalar ve otomatik karar mekanizmalarına dayanmakta ve insan karar vericilerin sistem dışına itilmesi gibi yeni sorunlar gündeme gelmektedir. Sistem hatalarında veya yanlış veriye dayalı bir modellemede, afet müdahalesi ciddi şekilde aksayabilmektedir (Balsanoa vd., 2023). Bu nedenle, insan-makine etkileşiminin dengeli biçimde tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Aşırı güven riski, yalnızca teknik sınırları değil, aynı zamanda psikolojik ve yönetsel davranışları da etkileyebilmektedir. Karar vericiler, zamanla kendi sezgilerine ya da saha bilgilerine değil, yalnızca algoritmalarla dayalı kararlar almayı tercih edebilmektedir ve afet gibi hızla değişen ortamlarda özellikle sistem hatası veya olağan dışı durumlarda, insan müdahalesinin gecikmesi ya da tamamen ortadan kalkması büyük sorunlara yol açabilir (Jordan, 2019).

Aşırı güven yanında karar destek sistemlerine ve otomatik sensörlere aşırı düzeyde güvenilme nedeniyle ortaya çıkan teknolojik bağımlılık sorunu yerel bilgi sistemlerinin ve deneyim temelli karar alma süreçlerinin devre dışı kalmasına yol açabilmektedir. Çünkü, YZ sistemleri çoğunlukla büyük veriyle eğitilmektedir ve yerel bağlamı göz ardı edecek genellemeci sonuçlar üretebilmektedir ve toplumsal ve kültürel bağlama göre farklı

sonuçlara karşı üretilen genel planlar önemli hatalara hatalarına neden olabilir (Polonski, 2018). Bu nedenle afet yönetiminde hibrit ve katmanlı sistemlerin tasarımı bir zorunluluktur.

Bunun yanında YZ sistemlerinin merkezi veri havuzlarına ve bulut tabanlı altyapılara dayalı olmasıyla doğrudan ilişkili güvenlik riskleri de mevcuttur. YZ sistemleri genelde internet erişimine ve uzak sunuculara bağlı çalıştığı için siber saldırılara karşı oldukça savunmasızdır. Afet anlarında bu tür saldırılar, bilgi akışını sekteye uğratabilme, kamu güvenliğini tehdit etme riski taşımaktadır (García-Nieto, 2021). Derin öğrenme gibi algoritmaların işleyişinin genellikle kullanıcılar tarafından anlaşılamaz düzeyde olması gibi nedenlerle YZ sistemlerinin karar verme süreçlerinde şeffaf olmaması, kararların nasıl ve neden verildiğinin anlaşılamamasına yol açabilmektedir.

Bu risklerin yönetimi için YZ sistemlerinin sistemlerin hata durumlarında alternatif çözüm yolları sunabilecek şekilde dirençli, esnek, açıklanabilir ve kullanıcı dostu biçimde tasarlanması gerekmektedir. Bunun için senaryo temelli testler, olağanüstü durum simülasyonları ve etik etki değerlendirmeleri çalışmalar yapılmalı, YZ tabanlı sistemlerin farklı kurumsal düzeylerde entegre edilebilmesi için standartlaştırılmış protokoller düzenlenmeli, teknolojik sistemler kadar, bu sistemleri yöneten organizasyonlar da dirençli hale getirilmelidir (Shrestha vd., 2019). Bu bağlamda YZ sistemlerinin “bağımlı değil destekleyici” bir rol üstlenmesi önemlidir. Aksi halde teknoloji, çözüm aracı olmaktan çıkarak yeni bir kırılganlık kaynağına dönüşebilir.

4.2. Veriye Dayalı Önyargılar ve Adalet Sorunları

YZ'nin afet yönetimi döngüsünde kullanımı, karar alma süreçlerine hız ve doğruluk katarken aynı zamanda veri temelli önyargıların (data bias) riskini de artırmaktadır. Veri kümesindeki dengesizlikler, algoritmaların belirli topluluklara karşı sistematik olarak önyargılı kararlar üretmesine yol açabilmektedir. Özellikle afet sırasında tahliye önceliklendirmesi, yardım dağıtımı veya risk değerlendirme gibi kritik karar alanlarında bu önyargılar doğrudan insan hayatını etkileyebilecek boyutlara ulaşabilme riski taşımaktadır (Cacal, 2023). Ayrıca afet yönetiminde kullanılan yapay zekâ sistemlerinin eğitildiği veriler, çoğu zaman geçmiş deneyimlere ve belirli coğrafi alanlarla ilgilidir. Bu durum, farklı bölge veya kültürlerle özgü risk türlerinin göz ardı edilmesine yol açabilmektedir ve yerel bilgi ile entegre olmayan sistemlerin karar süreçlerinde hata payını artırmaktadır (Shubhendu ve Vijay, 2013).

Veriye dayalı sistemlerde sıkça karşılaşılan bir diğer problem, toplumun tüm kesimlerinden veri toplamanın mümkün olmaması nedeniyle verinin temsil krizidir. Özellikle düşük gelirli, kırsal ya da göçmen topluluklar sıklıkla veri dışı kalmakta ve bu temsil eksikliği, afet sonrası yeniden inşa süreçlerinde bu grupların ihtiyaçlarının göz ardı edilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca, Sosyal eşitsizliklerin yeniden üretimi sadece veri temsili ile sınırlı değildir; aynı zamanda sistemlerin kimin tarafından ve ne amaçla kullanıldığıyla da ilgilidir. Resmi kaynaklara dayalı verilerin kayıt dışı yaşam biçimlerini ve alternatif bilgi kanallarını dışlaması da YZ sistemlerinin belirli yaşam tarzlarını norm olarak kabul etmesine ve bu norm dışındakileri “anormal” veya “önceliksiz” olarak değerlendirmesine yol açabilmekte ve eşitsizlikler algoritmik düzlemde yeniden üretilebilmektedir (Chen, 2023).

“Veri adaleti” (data justice) kavramı, yalnızca doğru veri toplamanın ötesine geçerek verinin nasıl işlendiği, kimler için anlamlı olduğu ve hangi çıkar gruplarına hizmet ettiği sorularını gündeme taşımaktadır (Jordan, 2019). Veriye dayalı sistemlerin adalet sorunları üretmemesi için tasarım aşamasında özellikle yardım dağıtımı, barınma planlaması ve önceliklendirme gibi alanlarda farklılıkların tanınması ve korunması ilkesi gibi etik ilkelere göre yapılandırılması gerekir. Bu nedenle YZ sistemlerinin adaletli, kapsayıcı ve denetlenebilir olması; yalnızca teknik kapasitelere değil, değer temelli yaklaşımlara da bağlıdır.

4.3. Etik ve Yönetişim Sorunları

Afet yönetiminde YZ kullanımı, karar alma süreçlerinde şeffaflık, hesap verebilirlik ve toplumsal meşruiyet gibi etik ve yönetişimsel bir dizi sorunu da beraberinde getirmektedir. Etik sorunların başında, afet yönetimi uygulamalarında kullanılan YZ sistemlerinin veri toplama biçimleri ve bu verilerin nasıl işlendiğine ilişkin belirsizlikler gelmektedir. Özellikle mobil uygulamalar, sosyal medya taramaları ve sensör verileri üzerinden elde edilen kişisel bilgiler, afet zamanlarında bireylerin mahremiyetinin ihlali anlamına gelebilmektedir

(Cheatham vd., 2019). Mahremiyet ihlalleri, “acil durum” gerekçesiyle geçici olarak meşrulaştırılabilmekte uzun vadeli izleme ve gözetim altyapılarının kurulmasına yol açabilmektedir.

İnsan karar vericilerin süreç dışı bırakılması, etik sorunların bir diğer boyutudur. Afet zamanlarında hız ve doğruluk için otomasyona yönelim, insan öznelliğinin ve sezgisinin dışlanmasına neden olabilmektedir (Ebers, 2019). Böyle durumlarda teknolojik “doğruluk”, sosyal “uygunluk” ile çelişebilmektedir. İnsan karar vericilerin dışlanması, hesap verebilirlik ilkesiyle doğrudan çelişmekte, afet müdahale ekipleriyle topluluklar arasındaki güven ilişkisinin zedelenmesine ve sistemlerin hata yapması durumunda bu hataların kime ait olduğunun belirsizleşmesiyle yönetim krizlerine yol açabilmektedir.

Algoritmaların “etik kararlar” alıp alamayacağı sorusu etik ve yönetsel sorunların temelini oluşturmaktadır. Bu tür kararlar, salt teknik analizlere bırakıldığında, insan hakları, toplumsal adalet veya kültürel duyarlılıklar gibi değer temelli ölçütler göz ardı edilebilir (Ramchurn vd., 2010). YZ sistemlerinin bu türden değer çatışmalarında nasıl programlandığı, yazılım mühendislerinin etik anlayışıyla sınırlı kalmamalı; yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları, akademi ve afet mağdurları gibi çok çeşitli aktörlerin katılımıyla etik kurullar ve toplumsal denetim mekanizmalarıyla desteklenmelidir. Aksi takdirde, YZ’nin görünüşte “nesnel” kararları, derinlemesine incelendiğinde ciddi ayrımcılıklar üretebilir ve katılımın sınırlı olduğu sistemler, afet anında hızlı kararlar üretse dahi, meşruiyet açısından zayıf kalacaktır.

Ayrıca, afet yönetiminde insan merkezli, toplumsal fayda odaklı ve değer temelli “etik tasarım” gereklidir. Kullanıcıların sistemin nasıl çalıştığını anlayabilmesini ve gerektiğinde müdahale edebilmesini sağlayan açıklanabilir yapay zekâ (explainable AI) modelleri, bu çerçevenin teknik bir karşılığı olarak değerlendirilebilir (Shrestha, vd., 2019). Böylece, afet yönetimi süreçleri daha güvenli ve adil hale gelirken, aynı zamanda demokratik değerlere uygun bir dijital altyapı da kurulmuş olur. Sonuç olarak, YZ’nin afet yönetiminde kullanımında karşılaşılan etik ve yönetim sorunları, toplumsal değerlerle doğrudan ilişkilidir. Mahremiyetin korunması, gözetim yapılarına karşı toplumsal denge, insan karar vericilerin sürece dâhil edilmesi ve hesap verebilirliğin sağlanması gibi unsurlar, bu teknolojilerin kabul edilebilirliğini belirlemektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekânın (YZ) afet yönetimindeki rolünü inceleyen bu çalışmada, teknolojinin yalnızca operasyonel etkinliği artıran bir araç olmanın ötesinde karar süreçlerini dönüştüren, toplumsal yapılarla etkileşen ve yönetim pratiklerini yeniden şekillendiren bir unsur olduğu görülmüştür. Afet yönetimi döngüsünün dört temel aşamasına yerleştirilen YZ uygulamalarının teknik boyutunun yanı sıra sosyal adalet, etik sorumluluk ve yönetim kapasitesi açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir. Nitel belge analizine dayanan çalışmada, YZ’nin afet bağlamında nasıl konumlandığı sorgulanmış ve YZ’nin risk üretici yanlarının da göz önünde bulundurulması gerekliliğine dair araştırmaların dikkat çektiği etik, yönetim, veri güvenliği gibi sorunlar üzerine yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda, teknolojinin “nasıl kullanılır” sorusunun yanı sıra “kimin için, ne pahasına ve hangi sınırlar içinde” kullanılır sorularına da cevap aranması gerektiği vurgulanmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, afetlerin doğa olaylarından ibaret olmadığı; aksine, toplumsal eşitsizlikler, yönetim zaafları ve kırılgan altyapılarla şekillenen sosyal olgular olduğu ortaya konmuştur. Bu çerçevede, afet yönetimi döngüsü—azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme—yalnızca bir kriz yönetimi süreci değil, aynı zamanda kurumsal kapasite, bilgi üretimi ve toplumsal dayanıklılık süreçlerinin bütüncül bir ifadesi olarak değerlendirilmiştir. Yapay zekâ ise bu döngüye farklı bilgi işleme, modelleme ve karar destek yetenekleri ile entegre olurken; kendi içinde etik, yönetsel ve toplumsal sınırlar barındırmaktadır. “Afet zekâsı”, “algoritmik yönetim” ve “eleştirel afet bilimi” gibi kavramsal yaklaşımlar, YZ’nin bu sürece katkısını sorgulayıcı bir çerçeveye oturtmak için kullanılmıştır.

İkinci bölümde, afet döngüsünde kullanılan YZ uygulamaları incelenmiştir: Azaltma aşamasında coğrafi bilgi sistemleri ve sosyal medya analizleri ile risk önleme stratejileri geliştirilmiş; hazırlık sürecinde tatbikat simülasyonları ve kaynak planlama araçlarıyla kurumsal refleksler güçlendirilmiştir. Müdahale aşamasında görüntü işleme, insansız hava araçları ve kriz destek sistemleriyle karar alma süreçleri hızlandırılmış;

iyileştirme aşamasında ise mekânsal planlama ve yeniden inşa analizleriyle geleceğe dönük dirençlilik stratejileri geliştirilmiştir. Ancak burada dikkat çeken husus, teknolojinin yalnızca verimliliği değil, aynı zamanda öncelikleri de belirlemesi; kararların artık teknik aklın süzgecinden geçerek şekillenmesi olmuştur. Bu durum, afet yönetiminin teknolojik bir performans meselesine indirgenmesi riskini de beraberinde getirmektedir.

Üçüncü bölümde, YZ'nin afet yönetimi süreçlerinde doğurduğu sınırlılıklar çok katmanlı biçimde tartışılmıştır. Özellikle teknolojik bağımlılığın artması ve otomasyon sistemlerine duyulan aşırı güven, insan faktörünü ikincil konuma itmekte; sistem arızaları veya öngörülemeyen teknik hatalar, afet anlarında karar alma süreçlerini sekteye uğratabilmektedir. Bu durum, YZ'nin operasyonel hız avantajının, stratejik öngörü kapasitesini gölgede bırakabileceğini göstermektedir. Ayrıca, karar alma süreçlerinde algoritmalara dayanan otomatik sistemlerin hakimiyeti, insan yargısının, bağlamsal sezginin ve deneyime dayalı bilginin sistemden dışlanması riskini doğurmaktadır.

Bir diğer önemli sınırlılık, veriye dayalı önyargılar ve sosyal temsiliyet sorunlarıdır. Veri kümelerinde yer almayan ya da az temsil edilen sosyal gruplar, algoritmik sistemler tarafından görünmez kılınmakta; bu da afet hizmetlerinin eşitsiz dağılımına, hatta ayrımcılığa yol açmaktadır. Özellikle düşük gelirli bölgelerde veri eksikliği, algoritmaların bu bölgeleri riskten arıymış gibi değerlendirmesine neden olarak, adaletsiz sonuçlar doğurabilmektedir. Yani teknolojik sistemlerin karar mekanizması haline gelmesi, eşitsizlikleri azaltmak bir yana, yeniden üretme potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda, veri adaleti ve temsil sorunu, yalnızca teknik bir aksaklık değil, politik bir mesele olarak değerlendirilmelidir.

Etik ve yönetişimsel sorunlar da teknolojik uygulamaların gölgesinde kalan ancak son derece kritik bir tartışma alanıdır. YZ destekli sistemlerde kararların şeffaf olmaması, hesap verilebilirlik sorunu yaratmakta; bu da afet anlarında alınan kararların kamu vicdanında meşruiyetini zayıflatmaktadır. Mahremiyetin ihlali, sürekli gözetim sistemlerinin kurulması ve bireyin dijitalleşmiş veriler üzerinden denetlenmesi, afetin kendisinden bağımsız yeni kriz alanları yaratabilmektedir. Yani teknolojinin sunduğu kontrol mekanizmaları, çoğu zaman etik sınırların ihlali pahasına işlemektedir. Bu noktada, teknolojik çözümle etik sorumluluk arasında kurulan denge hayati önem taşımaktadır.

İyimser senaryoda YZ, afet yönetimini daha bilimsel, daha verimli ve daha kapsayıcı hale getiren bir olanak olarak değerlendirilmektedir. Entegre karar destek sistemleri, hızlı müdahale kabiliyeti ve veriye dayalı erken uyarılar, afet öncesinden iyileştirme aşamasına kadar sürecin rasyonelleşmesini mümkün kılmaktadır. Bu senaryoya göre, farklı kurumların ortak bir dijital zeminde buluşması, kaynakların daha etkin kullanımını sağlarken, karar alma süreçlerinde açıklık ve hesap verilebilirliği de artıracaktır. Toplumsal faydayı önceleyen bu senaryo, YZ'nin bir "dayanıklılık çarpanı" olarak topluma hizmet edebileceğini savunmaktadır.

Buna karşın kötümser senaryo, teknolojinin demokratik süreçleri baskıladığı, kararların teknokratik elitlerce şekillendirildiği ve toplumsal katılımın sınırlandığı bir gelecek öngörmektedir. YZ sistemlerinin karmaşıklığı, açıklanabilirliğin önüne geçmekte; kararlar algoritmalar aracılığıyla alınırken sorumluluk zinciri belirsizleşmektedir. Bu bağlamda afet yönetimi, şeffaflığını yitiren, merkeziyetçi ve gözetim odaklı bir yapıya dönüşebilir. Mahremiyetin aşıldığı, bireyin karar süreçlerinden dışlandığı bu senaryo, teknolojinin araçsallığından saparak, birey-toplum ilişkisini yeniden tanımlar hale gelmektedir. Son olarak, şüpheli senaryo, YZ'nin ne mucizevi bir çözüm ne de kaçınılmaz bir tehdit olduğunu öne sürmektedir. Bu perspektif, insan-makine iş birliğine dayalı, adaptif ve etik yönetim odaklı sistemlerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Teknoloji, insan karar vericilerin tamamlayıcısı olarak işlev görmeli; aynı zamanda denetlenebilir, şeffaf ve açıklanabilir olmalıdır. Hibrit sistemlerin gelişimi, afet yönetiminde hem teknik kapasiteyi hem de sosyal duyarlılığı bir arada barındıran modellerin kurulmasına olanak sağlamaktadır. Bu senaryo, teknolojik adalet ve demokratik yönetim arasında kurulabilecek olası dengeyi araştırmaya açmaktadır.

Etik Beyan / Ethical Statement

Yazar, bu çalışmanın tüm aşamalarında akademik ve etik kurallara bağlı kalındığını ve kullanılan tüm kaynaklara usulüne uygun atıf yapıldığını beyan eder. / The author declares that academic and ethical standards were strictly followed throughout all stages of this study, and all utilized sources have been appropriately cited.

Etik Kurul Onayı / Ethical Approval

Bu çalışma, etik kurul izni gerektirmemektedir.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Bu makalede sunulan çalışmayı etkileyebilecek bilinen herhangi bir finansal çıkar çatışması veya kişisel ilişki bulunmadığını beyan ederim.

Yapay Zeka Beyanı / AI Declaration

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde herhangi bir üretken yapay zeka veya yapay zeka destekli araç kullanılmadığını ve tüm içeriğin akademik etik ilkeler doğrultusunda yazar tarafından üretildiğini beyan ederim.

KAYNAKLAR

- Abid, S. K., Sulaiman, N., Chan, S. W., Nazir, U., Abid, M., Han, H., Ariza-Montes, A., Vega-Muñoz, A. (2021). Toward an Integrated Disaster Management Approach: How Artificial Intelligence Can Boost Disaster Management. *Sustainability*, 13(22), 12560. <https://doi.org/10.3390/su132212560>
- Akter, S., Wamba, S. F. (2019). Big data and disaster management: a systematic review and agenda for future research, *Annals of Operations Research*, 1(283), 939-959.
- Altay, N., Green, W.G. (2006). OR/MS research in disaster operations management, *European Journal of Operational Research*, 175, 475-493.
- Angın, C. (2024). Afet Yönetiminde Yapay Zekâ: Yaklaşımlar, Yöntemler ve Uygulamalar. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 6(2), 610-627.
- Balsanoa, C., Burra, P., Duvoux, C., Alisi, A., Piscaglia, F., Gerussi, A. (2023). Artificial Intelligence and liver: Opportunities and barriers. *Digestive and Liver Disease*, 55, 1455-1461. <https://doi.org/10.1016/j.dld.2023.08.048>
- Barth, T.J., Arnold, E. (1999). Artificial Intelligence and Administrative Discretion. *The American Review of Public Administration*, 29, 332-351.
- Beduschi, A. (2022). Harnessing the potential of artificial intelligence for humanitarian action: Opportunities and risks. *International Review of the Red Cross*, 104 (919), 1149–1169.
- Cacal, N. (26 Eylül 2023). The Problem with AI and Techno-Solutionism: A Case for Positive Sum Design. Medium, <https://medium.com/@nicolecacal/the-problem-with-ai-and-techno-solutionism-a-case-for-positive-sum-design-fed7adc40b9e> (E.T. 20/08/2025).
- Carreno, M. L., Cardona, O. D., Barbat, A. H. (2007). A disaster risk management performance index. *Nat Hazards* 41, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9008-y>
- Chae, Y.-J., Lee, H.-W., Kim, J.-H., Hwang, S.-W., Park, Y.-Y. (2023). Design of a Mixed Reality System for Simulating Indoor Disaster Rescue. *Applied Sciences*, 13(7), 4418.
- Cheatham, B., Javanmardian, K., Samandari, H. (2019). Confronting the risks of artificial intelligence. *McKinsey Quarterly*, pp. 1-9.
- Chen, C. (2023). The future is now: artificial intelligence and anticipatory humanitarian action. <https://blogs.icrc.org/law-and-policy/2021/08/19/artificial-intelligence-anticipatory-humanitarian/> (E.T.: 01/08/2025).
- Çelik, A., Sevlı, O. (2022). Makine Öğrenmesi Tekniklerini Kullanarak Trafik Kazalarının Sonucunu Tahmin Etme, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, Cilt 11, Sayı 3, Sayfa 79-83.
- Desouza, K. C. (2018). Delivering Artificial Intelligence in Government: Challenges and Opportunities. IBM Center for The Business of Government. <https://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/Delivering%20Artificial%20Intelligence%20in%20Government.pdf> (E.T.: 01/08/2025).
- Dignum, V. (2019). Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way. In: O’Sullivan, Barry., Wooldridge, Michael. (Eds.), Springer Nature Switzerland.
- Ebers, M. (2019). Chapter 2: Regulating AI and Robotics: Ethical and Legal Challenges, Ebers, Martin., Navarro, Susana Navas. (Eds.), *Algorithms and Law*, Cambridge, Cambridge University Press, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3392379>
- Fan, X., Zhang, X., Wang, X., Yu, X. (2023). A deep reinforcement learning model for resilient road network recovery under earthquake or flooding hazards. *Journal of Infrastructure Preservation Resilince* 4, 8. pp. 1-19.
- FEMA. (1997). Comparative Emergency Management.

<https://training.fema.gov/hiedu/docs/cem/comparative%20em%20course%20-%20session%203%20the%20global%20historical%20context%20of%20emergency%20management.doc>

García-Nieto, J. N. (23 Kasım 2021). Towards techno-colonialism, <https://www.atalayar.com/en/opinion/juan-n-garcia-nieto/towards-techno-colonialism/20211122154842135940.html> (E.T.: 01/08/2025).

Ghani, T., jordaGordon, G. (2022). Predictable Disasters AI and the Future of Crisis Response. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2021/12/Chapter-Six_Breakthrough.pdf (E.T.: 01/08/2025).

Guizzo, E. (2020). Types of Robots. <https://robots.ieee.org/learn/types-of-robots/>. (E.T.: 11/10/2022).

Imran, M., Qazi, U., Ofli, F., Peterson, S., Alam, F. (2022). AI for Disaster Rapid Damage Assessment from Microblogs. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 36(11), 12517-12523.

Jordan, M. I. (2019). Artificial Intelligence-The Revolution Hasn't Happened Yet. Harvard Data Science Review, 1(1), pp.1-8. <https://doi.org/10.1162/99608f92.f06c6e61>

Joyce, K. E., Wright, C. K., Samsonov, S. V., Ambrosia, V. G. (2009). Remote sensing and the disaster management cycle. G. Jedlovac (Ed.), Advances in Geoscience and Remote Sensing içinde (s. 317-346). Rijeka, Croatia: In Tech.

Jung, D., Tran Tuan, V., Quoc Tran, D., Park, M., Park, S. (2020). Conceptual framework of an intelligent decision support system for smart city disaster management. Applied Sciences, 10(2), 666.

Keim, M., Abrahams, J. (2012). Health and Disaster. (Ed.) Wisner, B., Gaillard, J. C., ve Kelman, I. The Routledge Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction içinde (s. 530-543). New York and London. Routledge.

Kuglitsch, M., Albayrak, A., Aquino, R., Craddock, A., Edward-Gill, J., Kanwar, R., Koul, A., Ma, J., Marti, A., Menon, M., Pelivan, I., Toret, A., Venguswamy, R., Ward, T., Xoplaki, E., Rea, A., Luterbacher, J. (2022). Artificial Intelligence for Disaster Risk Reduction: Opportunities, challenges, and prospects. <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/artificial-intelligence-disaster-risk-reduction-opportunities-challenges-and>, (E.T.: 01/08/2025).

Linardos, V., Drakaki, M., Tzionas, P., Karnavas, Y. L. (2022). Machine Learning in Disaster Management: Recent Developments in Methods and Applications. Mach. Learn. Knowl. Extr. 4, 446–473. <https://doi.org/10.3390/make4020020>

Malawani, A. D., Nurmandi, A., Purnomo, E. P., Rahman, T. (2020). Social media in aid of post disaster management. Transforming Government: People, Process and Policy, 14(2), 237-260.

Merriam-Webster. (2022). Disaster. Merriam-Webster.com Dictionary. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/disaster>, (E.T.: 01/08/2025).

Moreno, C., Aquino, R., Ibarreche, J., Pérez, I., Castellanos, E., Álvarez, E., Rentería, R., Anguiano, L., Edwards, A., Lepper, P., Edwards, R. M., Clark, B. (2019). RiverCore: IoT Device for River Water Level Monitoring over Cellular Communications. Sensors, 19(1), 127. MDPI AG.

Munawar, H. S., Mojtahedi, M., Hammad, A. W. A., Kouzani, A., Mahmud, M. A. (2022). Disruptive technologies as a solution for disaster risk management: A review, Science of Total Environment. 806 (2022), 151351.

Murphy, R. R. (2014). Disaster Robotics. The MIT Press: Massachusetts.

Noji, E. K. (2000). The public health consequences of disasters. Prehospital and disaster medicine, 15(4), 21-31.

Pandey, N., Natarajan, S. (2016). How social media can contribute during disaster events? Case study of Chennai floods 2015, 2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Jaipur, India, pp. 1352-1356.

Phillips, B. D., Neal, D. M., Webb, G. R. (2017). Introduction to Emergency Management, Second Edition, CRC Press Taylor ve Francis Group, Boca Raton: FL.

- Polonski, S. (2018). AI Solutionism. <https://towardsdatascience.com/risks-of-ai-solutionism-dangers-of-machine-learning-and-artificial-intelligence-in-politics-and-government-728b7577a243> (E.T.: 01/08/2025).
- Quarantelli, E. L., (2000). Disaster Planning, Emergency Management, and Civil Protection: The Historical Development and Current Characteristics of Organized Efforts to Prevent and Respond to Disasters. University of Delaware Disaster Research Center, Newark, Delaware <https://udspace.udel.edu/bitstream/handle/19716/673/PP301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramchurn, S. D., Farinelli, A., Macarthur, K. S., Jennings, N. R. (2010). Decentralized coordination in robocup rescue. The Computer Journal, 53(9), 1447–1461.
- Ramchurn, S. D., Wu, F., Jiang, W., Fischer, J.E., Reece, S, Roberts., S, Rodden, T., Greenhalgh, C., Jennings, N. R. (2016). Human-agent collaboration for disaster response. Auton Agents Multi-Agent Syst, 30(1):82–111.
- Reynard, D., Shirgaokar, M. (2019). Harnessing the power of machine learning: Can Twitter data be useful in guiding resource allocation decisions during a natural disaster? Transportation research part D: Transport and environment, 77, 449-463.
- Riccardi, M. T. (2016). The power of crowdsourcing in disaster response operations. International Journal of Disaster Risk Reduction, 20, 123–128.
- Russell, S. Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson Series, Fourth Edition.
- Schwab, A. K., Sandler, D., Brower, D. J. (2017). Hazard Mitigation and Preparedness: An Introductory Text for Emergency Management and Planning Professionals Second Edition, FL: CRC Press Taylor ve Francis Group. Boca Raton,
- Shrestha, Y. R., Ben-Menahem, S. M., von Krogh, G. (2019). Organizational Decision-Making Structures in the Age of Artificial Intelligence. California Management Review, 61(4), 66-83.
- Shubhendu, S., Vijay, J. F. (2013). Applicability of Artificial Intelligence in Different Fields of Life. International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), Volume 1 Issue 1, pp. 28-35.
- Sufi, F. K. (2024). A systematic review on the dimensions of open-source disaster intelligence using GPT. Journal of Economy and Technology, 2, 62-78.
- Sun, W., Bocchini, P., Davison, B. D. (2020). Applications of artificial intelligence for disaster management. Natural Hazards 103, 2631–2689. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04124-3>
- Tierney, K. Oliver-Smith, A. (2012). Social dimensions of disaster recovery. International Journal of Mass Emergencies and Disasters, Vol. 30, No. 2, pp. 123–146.
- Twigg, J. (2015). Disaster Risk Reduction, Good Practice Review 9, Humanitarian Policy Group Overseas Development Institute, London: UK. <http://bvpad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc2601/doc2601-contenido.pdf> (E.T.: 01/08/2025).
- Van Wart, M., Kapucu, N. (2011). Crisis Management Competencies The case of emergency managers in the USA. Public Management Review, Vol. 13, Issue 4, 489–511.
- Varol, N., Buluş Kırıkkaya, E. (2017). Afetler Karşısında Toplumun Dirençliliği. Resilience, 1(1), 1-9.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., ve Davis, I. (2004). At risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disaster (2nd ed.). London: Routledge.
- Xia, M., Wu, J., Yao, J., Zhu, H., Gong, A., Yang, J., Hu, L., Mo, F. (2023). A Deep Learning Application for Building Damage Assessment Using Ultra-High-Resolution Remote Sensing Imagery in Turkey Earthquake. International Journal of Disaster Risk Science, 14(6), 947–962. <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00526-6>
- Yüksel, M. E. (2018). Agent-based evacuation modeling with multiple exits using NeuroEvolution of Augmenting Topologies. Advanced Engineering Informatics, 35, 30-55.

Zhang, B. (2021, October 7). Public Opinion Toward Artificial Intelligence, pp. 1-21.
<https://doi.org/10.31219/osf.io/284sm> (E.T.: 10/08/2025).