

Afet Risk Yönetiminde Yapay Zekâ Kullanımının Rolü

Literatür Makalesi/Review Article

 Nur Sinem PARTİGÖÇ*

Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye
npartigoc@pauedu.tr

(Geliş/Received:03.02.2022; Kabul/Accepted:23.08.2022)

DOI: 10.17671/gazibtd.1067831

Özet— Küreselleşme etkisi altında gözlenen büyüme süreçleri ve yoğun nüfus hareketliliği nedeniyle gittikçe karmaşıklaşan kentsel faaliyetlerin yarattığı sorunlara alışlagelen yöntemlerin yanıt vermediği açıkça ortadadır. Buna ek olarak, hızlı kentleşme süreçleri ve küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan afet olaylarındaki artış, zaman içerisinde kentlerin temel hizmet alanlarında (çevre, sağlık, eğitim, altyapı, güvenlik, vb.) yaşanan problemleri önemli ölçüde tetiklemektedir. Dolayısıyla, çoklu bir ağa dönüşen yaşam alanlarında toplumun refah düzeyinin sürdürülebilir biçimde devam ettirilebilmesi ve etkin bir afet yönetim sürecinin ortaya konulabilmesi için bilgi teknolojilerinin etkin biçimde kullanılması artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu noktadan hareketle, çalışmada afet öncesi döneme referans veren Risk Yönetimi alanında olası kayıpların azaltılması ve/veya bertaraf edilmesi konusunda yapay zekâ kullanımının öneminin vurgulanması amaçlanmıştır. Çalışmanın kapsamını yapay zekâ uygulamalarında risk yönetiminin yeri, yapay zekâ kullanımının afet risklerinin azaltılması sürecindeki avantajları ve dezavantajları, uygulama örneklerinin aktarılması gibi konular oluşturmaktadır. Yöntem olarak nitel araştırma yönteminin kullanıldığı çalışmada, yapılan araştırmalar sonucunda denilebilir ki, sürdürülebilir, uzun vadede etkin, çok paydaşlı ve disiplinler arası niteliğe sahip Modern Bütünleşik Afet Yönetim sürecinde Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) kullanımının karar alma süreçlerinin temel yapı taşlarından biri haline gelmiştir ve kentsel dirençliliğin artırılmasında yapay zekâ uygulamaları kritik bir rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler— afet risk yönetimi, yapay zekâ, kentleşme, bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT), kentsel dirençlilik

The Role of Artificial Intelligence in Disaster Risk Management

Abstract— It is clear that the usual methods do not respond to the problems based on urban activities which are becoming increasingly complicated due to the growth processes observed under the influence of globalization and intensive population mobility. In addition, due to the increase in the number of disasters associated with rapid urbanization processes and global climate change, there has been a significant increase in the problems experienced in the main service areas of cities (environment, health, education, infrastructure, security, etc.). Accordingly, the usage of information technologies effectively become almost an obligation in order to sustain the level of well-being in settlements which have turned into a multi-network in a sustainable manner and to put forward an effective disaster management process. From this point, the aim of the study is to emphasize the importance of the usage of Artificial Intelligence (AI) for reducing and/or eliminating possible disaster losses associated with Disaster Risk Management (DRM) processes. The scope of the study includes the role of risk management in AI applications, the advantages and disadvantages of the usage of AI in the disaster risk reduction process and also application examples. The method of the study is the qualitative research method. As a result of research, it can be said that the use of Information and Communication Technologies (ICT) is necessary for DRM which is sustainable, effective in the long term, multi-stakeholder and inter-disciplinary. Moreover, AI plays a critical role in increasing urban resilience.

Keywords— disaster risk management (DRM), artificial intelligence (AI), urbanization, information and communication technologies (ICT), urban resilience

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kentsel alanlarda ilişkisel sistemler (kentsel işlevler, ekonomik etki alanı, üretim – tüketim ilişkileri, kentsel ağlar, vb.) karmaşık ve çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Küreselleşme etkisi altında gözlenen büyüme süreçleri ve yoğun nüfus hareketliliği nedeniyle karmaşa, suç, trafik, sağlık, atık, enerji, su ve hava kirliliği, çarpık kentleşme, kaynaklara ulaşım gibi konuların yerel yönetimlerin gündeminde öncelikli konular arasında yer aldığı bilinmektedir ve bu konuların yol açtığı sorunların çözümüne alışlagelen yöntemlerin (kentsel dönüşüm uygulamaları, parçacıl planlama uygulamaları, sosyo-ekonomik düzeye göre hizmetlere erişim imkânı, vb.) yanıt vermediği gözlenmektedir. Hızlı kentleşme süreçleri ve küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan afet olaylarındaki artış, zaman içerisinde kentlerin temel hizmet alanlarında (çevre, sağlık, eğitim, altyapı, güvenlik, vb.) yaşanan problemleri önemli ölçüde tetiklemektedir. Buna ek olarak, kırsal alandan kentsel alana göçlerin yaşanması, bölgeler arasında sosyo-ekonomik dengelerin bozulması, doğal kaynakların hızlı tüketimi, çevrenin tahribatı ve kentsel gelişme süreçlerinin planlama çerçevesinde yürütülmemesi gibi birçok olumsuz gelişme günümüz kentlerini kaotik bir ortama sürüklemektedir [1, 2].

Dolayısıyla, çoklu bir ağa dönüşen yaşam alanlarında toplumun refah düzeyini yükseltebilmek ve sürdürülebilirliğini sağlamak için, nüfus, kaynak, çevre ve bilgi teknolojilerinin karşılıklı olarak düzenlenmesi artık bir zorunluluk haline gelmiştir [3]. Vatandaşların yaşam kalitesini yükseltmek ve kamusal hizmetler hakkındaki memnuniyetlerini artırmak için Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT)'nin yaşamın her alanına entegre edilmesi, yerel düzeyde ilişkisel sistemlere dair uygulanan yöntemler konusunda eksen değişikliği yaşandığının önemli bir kanıtıdır [4].

EM-DAT (Emergency Events Database) raporlarına göre, acil bir durumun afet olarak değerlendirilebilmesi için belli başlı kriterleri sağlaması gerekmektedir. Buna göre, meydana gelen afette 10 veya daha fazla kişinin ölmüş olması, 100 veya daha fazla kişinin durumdan etkilenmiş olması ve/veya ilgili devletlerin olağanüstü hal bildirisinde veya uluslararası yardım çağrısında bulunmuş olması kriterlerinden en az birinin gerçekleşmesi beklenmektedir. 1965-2020 yılları arasında farklı coğrafyalarda meydana gelen doğal ve beşeri afetlerde dünya çapında 4,5 milyon ölüme sebep olan 20.533 afet meydana gelmiştir. Bu afetlerin %62'si doğal afet niteliği taşıırken, %38'i ise beşeri afetlerdir [5, 6].

Geçmiş dönemlerden günümüze kadar dünya çapında önemli kayıplara sebep olan afetler yaşanmıştır ve halen devam etmektedir. Afetlerin birçoğu çok kısa bir zaman dilimi içerisinde ortaya çıktığından dolayı başarılı ve etkin bir afet yönetim sürecinde hızlı planlama, karar verme ve doğru uygulamaların hayata geçirilmesi kritik bir öneme sahiptir. Genel olarak, afet yönetimi süreci karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir. Kontrolü zor

olan bu yapı için sistemlerden gelen verilerin depolanması, işlenmesi, haritalandırılması ve değerlendirilmesi için teknolojinin sağladığı olanaklara ihtiyaç vardır. Yenilikçi teknolojilerden yararlanılması ise, afet sonrasında olduğu kadar, afet öncesinde de riskin azaltılması adına oldukça önemli kazanımlar sağlayacaktır [5, 7-9].

Dünya genelinde yoğun nüfus ve yapılaşma pratiklerinin gözlemlendiği günümüzde, afetlerin sayısının ve sıklığının her geçen gün artmakta olduğu ve küresel iklim değişikliği sebebiyle farklı coğrafi bölgelerde çeşitlenen afet türlerinin görüldüğü açıkça ortadadır. Kentsel alanların afet riski söz konusu olduğunda çarpan etkisi yaratması sonucunda, etkin bir afet yönetimi ihtiyacı söz konusu olmuştur. Sürdürülebilir, uzun vadede etkin, çok paydaşlı ve disiplinler arası biçimde sürecin yönlendirildiği Modern Bütünleşik Afet Yönetimi sürecinin hayata geçirilebilmesi için dünya genelinde kabul görmüş bir genel kanı vardır: Afet yönetimi alanında BİT'in kullanımının gerekliliği [8, 10, 11].

Mekânsal ve mekânsal olmayan verilerden yararlanılarak, afetler karşısında olası risklerin öngörülmesi, gerekli analiz süreçlerinin yürütülmesi, hazırlıklı olma, müdahale ve iyileştirme aşamaları için gerekli eylem planları, politikalar ve uygulamaların hayata geçirilmesi gibi tüm aşamalarda BİT'in avantajlarından yararlanılmaktadır. Kentlerde gözlenen karmaşık yapıdaki ilişkisel sistemlere dair problemlerin çözülmesi ve afet riskinin minimum düzeye indirgenebilmesi için teknoloji tabanlı uygulamalar günümüzde sıkça kullanılan temel kaynaklar haline gelmiştir [5, 12-14].

Bu noktadan hareketle, bu çalışmada afet öncesi döneme referans veren Risk Yönetimi alanında olası kayıpların azaltılması ve/veya bertaraf edilmesi konusunda yapay zekâ kullanımının öneminin vurgulanması amaçlanmıştır. Afet risklerinin azaltılması konusunda güncel teknolojik uygulamaların genel ismi olan Yapay Zekâ uygulamalarında risk yönetiminin yeri, yapay zekâ kullanımının afet risklerinin azaltılması sürecindeki avantajları ve dezavantajları, uygulama örneklerinin aktarılması gibi konular çalışmanın genel kapsamını oluşturmaktadır. Yöntem olarak nitel araştırma yönteminin kullanıldığı çalışmada, yapılan araştırmalar sonucunda denilebilir ki, sürdürülebilir, uzun vadede etkin, çok paydaşlı ve disiplinler arası niteliğe sahip Modern Bütünleşik Afet Yönetim sürecinde BİT kullanımının karar alma süreçlerinin temel yapı taşlarından biri haline gelmiştir ve kentsel dirençliliğin artırılmasında yapay zekâ uygulamaları kritik bir rol oynamaktadır.

2. AFET RİSK YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMI (THE USAGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DISASTER RISK MANAGEMENT)

Etkin bir afet yönetim sürecinde, örgütsel yapılanmanın ve operasyonel kapasitenin hem merkezi düzeyde hem de yerel düzeyde gittikçe daha önemli bir hale geldiği açıkça

ortadadır. Önceki dönemlerde uydu sistemleri, televizyon, radyo, telsiz, SMS uygulamaları afet yönetiminde etkin araçlar iken; günümüzde Nesnelerin İnterneti (IoT), Yapay Zekâ, robotlar, akıllı sistemler gibi yeni teknolojiler devreye girmiştir. Afet yönetimi sürecinde taraflar arasında iletişimin sağlanması ve veri temini konusunda kapasitenin artırılması bakımından teknolojik olanaklardan yararlanılması oldukça önemli ve tercih edilen bir durum olmuştur. Covid – 19 salgın süreci, kriz yönetimi bakımından bu tespite verilebilecek başarılı örneklerden biridir [8, 15].

Afet öncesi aşamada afet risklerinin belirlenmesi ve azaltılması ile afet sonrası aşamada hızlı ve etkin bir iyileşme sürecinin yürütülmesinde yeni teknolojik araçların rolü ve sağladığı fırsatlar önemlidir. Modern Bütünleşik Afet Yönetimi kapsamında ele alınan bu konuların hayata geçirilmesi aşamasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Sosyal Ağ Servisleri (*Social Networking Services - SNS*) ve BİT gibi uygulama araçlarından yararlanılmaktadır [9, 11]. Afet öncesi ve afet sonrası aşamalarında başvuru alan teknolojik araçların kullanım alanları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Afet yönetim süreçlerinde teknolojik araçların kullanım alanları (Yazar tarafından oluşturulmuştur) (The usage areas of technological tools in disaster management processes) (Prepared by the author)

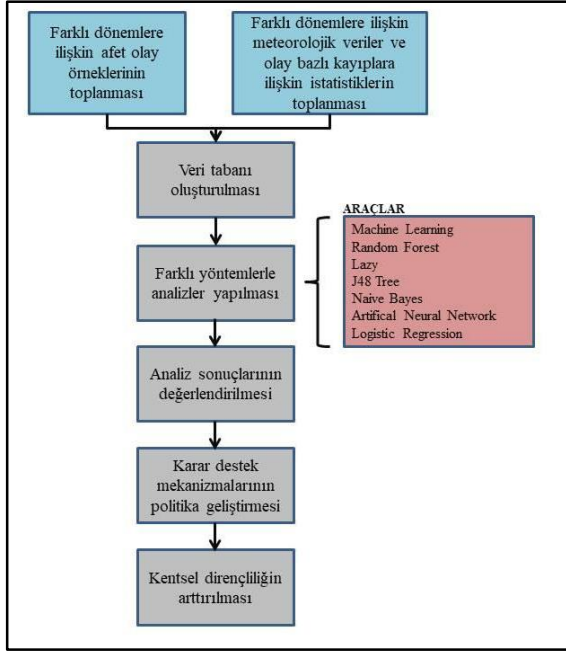
Afet Yönetim Süreci	Evre	Kullanım Alanları
Afet Öncesi Aşama	Zarar Azaltma	Risk ve tehlike analizleri
		Kırılganlığın ölçülmesi
		Kentsel sosyal parametreler
		Altyapı ve erişim olanakları
	Hazırlık	Tahliye ve kaçış planları
		Tatbikatlar ve eğitimler
		Erken uyarı sistemleri
		Acil durum iletişim sistemleri
		Taraflar arası koordinasyon
Afet Sonrası Aşama	Müdahale	Yönetim platformları oluşturulması
		Blok zincir tabanlı izleme
		Akıllı ses ve görüntü tarama
		5G teknolojisi
		Big Data uygulamaları
	İyileştirme	Hasar tespit projeleri
		Yeniden inşa projeleri
		Veri analizleri

Yapay zekâ, insanın düşünme yeteneğini ve beynin çalışma özelliğini modellemeye çalışan, insan zekâsını bilgisayar aracılığıyla taklit etmeye çalışan, belirli bir durum veya problem karşısında gerekli bilgileri kullanarak çözüm üretebilen yöntemin genel adıdır. 1940’lı yıllarda üzerinde ilk çalışmalar yapıldığı yapay zekâ kavramı, 1990’lı yıllara gelindiğinde insan biçimli robotların yapılması gibi önemli bir noktaya taşınmıştır. Veriye ulaşmanın her zaman ve tamamen mümkün olmadığı durumlarda önerilen yapay zekâ çözümleri, veri tabanlarının kullanımı ve farklı uzmanlar tarafından geliştirilmesinde lokomotif görevi görmesi bakımından oldukça avantajlı bir tekniktir. Bu bakımdan denilebilir ki, yapay zekâ kullanımının artan afet riskleri karşısında etkili bir risk yönetim süreci sunması ve karmaşık ilişkisel sistemlerin çözümünde yardımcı olması bakımından önemli bir araçtır [7, 13].

İklim değişikliğine bağlı olarak gözlenen mevsimsel anomaliler (deniz seviyesinde artış, aşırı ve sağanak yağışlar, sıcaklık değişimleri, afet olaylarının artışı, vb.) sebebiyle pek çok açıdan (fiziksel, ekonomik, sosyal, çevresel, vb.) daha kırılgan hale gelen yapılı çevrenin afetler karşısında hazırlıklı olma ve uyum sağlama hali olarak tanımlanan kentsel dirençliliğin artırılmasında yapay zekâ kullanımlarının temel olarak 3 önemli işlevi vardır: (a) Afetlere ilişkin tahminlerin yapılması, (b) afetlere ilişkin etki değerlendirme yapılması ve (c) afetler karşısında toplumsal dirençliliğin artırılması. Bu işlevler doğrultusunda sıklıkla başvuru alan yapay zekâ araçları arasında Yapay Sinir Ağı (*Artificial Neural Network - ANN*), Tekrarlayan Sinir Ağı (*Recurrent Neural Network - RNN*), Konvolüsyonel Sinir Ağı (*Convolutional Neural Network - CNN*), İlişki Ağı (*Relation Network - RN*) ve Makine Öğrenmesi (*Machine Learning - ML*) yer almaktadır. Bu araçların uygulamada karşılık bulduğu alanlar incelendiğinde ise, Yapay Sinir Ağı’nın sosyal medya kullanımıyla ön plana çıktığı, Tekrarlayan Sinir Ağı’nın değişikliklerin izlenmesi yöntemiyle afet öncesi ve sonrasında karşılaştırılması alanında kullanıldığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bilgi ve İletişim Teknolojileri’nin ise afetlerin etkilerinin tahmin edilmesi amacıyla kullanılması gibi örnekler verilebilir [12, 16, 17].

Afet risk yönetimi alanında yapay zekâ kullanımına yönelik uygulama örnekleri incelendiğinde, afet türlerine ve yapılmak istenen analize göre kullanılacak yöntemin farklılaştığı görülmektedir. Örneğin Makine Öğrenmesi yöntemi kullanılarak, geçmişten bugüne kadar meydana gelen afet olaylarına ilişkin verilerin toplanması, sınıflandırılması ve gelecek öngörülerinin ortaya konulması adına modelleme çalışmaları söz konusu olmaktadır. Bu yöntem, yapay zekâ kapsamında en çok başvuru alan yöntemlerden biridir. Bunun dışında, modelleme çalışmalarını yapabilmek adına Random Forest (Rassal Orman - RF), Lazy, J48 Decision Tree (J48 Karar Ağacı), Yapay Sinir Ağı (YSA), Naive Bayes (NB), Lojistik Regresyon (LR) gibi diğer yöntemlere de başvurulmaktadır [16,17]. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin belirlenerek afet türüne göre farklı tematik

analizlerin yapılması bu yöntemler kullanılarak mümkün olmaktadır. Afet risk yönetimi alanında yapay zekâ uygulamalarının kullanımı ve kullanılan yöntemlere yönelik akış şeması Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Afet risk yönetimi alanında yapay zekâ uygulamalarının kullanımı (Yazar tarafından oluşturulmuştur) (The use of artificial intelligence applications in disaster risk management) (Prepared by the author)

Farklı coğrafyalara özgü topografik, meteorolojik, doğal ve yapılı çevre koşullarına bağlı olarak ortaya çıkan doğal ve/veya beşeri afetlere ilişkin başarılı yöntem süreçlerinin yürütülebilmesi adına yapılmakta olan risk azaltma çalışmalarında IoT, CBS, Uzaktan Algılama (UA), sensörler, Radyo Frekans Tanımlama Sistemleri (RFID) gibi pek çok teknolojik olanaktan yararlanılmaktadır. Bu olanakların kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir [5, 55]:

- **Nesnelerin İnterneti (Internet of Things) ve Uzaktan Algılama (Remote Sensing):** Afet senaryolarının yerleşimler özelinde belirlenmesi, oluşturulan risk ve tehlike haritalarına göre mikrobölgeleme çalışmalarının yapılması, yapısal risk durumunun tespit edilmesi, olası afet durumlarına ilişkin maliyet tahminlerinin yapılması.
- **Radyo Frekans Tanımlama Sistemleri (Radio Frequency Identification), Görüntü İşleme (Image Processing), Karar Destek Sistemleri (Decision Support Systems) ve Sosyal Medya (Social Media):** Acil durum planlarının oluşturulması, geçici barınma alanlarının tespit edilmesi, ulaşım – sağlık – barınma – teknik ekipman sorunlarının çözülmesi, kurumlar arası koordinasyon ve eşgüdümün sağlanması.
- **Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographic Information Systems):** Hasar tespit çalışmaları, tahliye koridorlarının belirlenmesi, acil müdahale ekiplerinin

sahada doğru yönlendirilmesi, karar destek sistemleri oluşturulması.

Buna ek olarak, özellikle acil durum halinde Büyük Veri (Big Data) ve Veri Analitiği yöntemlerine başvurulduğu da bilinmektedir. Bu tür durumlarda veri temini üç farklı şekilde yapılmaktadır [9]:

- Direkt veriler** (Kullanıcı bazlı ve belirli bir bölgeden toplanan veriler),
- Otomatik veriler** (Sistem üzerinden pasif olarak elde edilen veriler)
- Gönüllü verileri** (Sosyal medyada aktif kişilerin paylaştığı veriler)

Her ne kadar son dönemlerde dünya genelinde sıklıkla gerçekleşmekte olan afetler karşısında bilgi teknolojilerinin kullanımının gerekliliğine yönelik farkındalık artmış olsa da, istatistiksel olarak bilgi teknolojilerine ve yapay zekâ uygulamalarına beklenen düzeyde başvurulmadığı görülmektedir. Dünya genelinde bu ortalama %7 seviyesinde iken, afet temelli uygulamaların web sitesi üzerinden kullanımı ortalama %20 ve akıllı telefonlar üzerinden kullanımı ortalama %7 olarak tespit edilmiştir. Ülke özelinde incelendiğinde ise, ABD ve Çin’de afet risklerinin azaltılması amacıyla teknolojinin olanaklarından yararlanma oranı %14 – 15 seviyelerinde iken, pek çok ülkede (Avustralya, Yunanistan, Tayvan, İngiltere, Almanya, İtalya, Japonya) bu ortalamanın %3 – 5 civarında olduğu gözlenmektedir [12, 19].

3. YAPAY ZEKÂ KULLANIMIYLA ÖNE ÇIKAN AVANTAJLAR VE DEZAVANTAJLAR (ADVANTAGES AND DISADVANTAGES STANDING OUT WITH THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE)

Teknolojik yeniliklerin çeşitlenmesi ve yapay zekâ kullanımının yaygınlaşmasının doğal bir sonucu olarak, günümüzde dünya çapında ‘ikinci bilgi devrimi’ yaşanmaktadır. Bu devrimin zamanla kendini daha fazla gösterdiği alanlardan biri ise afet risk yönetim süreçleridir. Akademik yazında ve güncel uygulamalarda vurgulandığı üzere, web ve bulut tabanlı platformlar üzerinden gerçekleştirilen veri paylaşımıyla afet riskinin azaltılması ve sakınım planlaması sürecinin başarıyla yönetilmesi sağlanabilecektir. Bunun yanı sıra, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasının önemli araçları arasında Nesnelerin İnterneti, blok-zincir teknolojisi, çeşitli açık kaynaklar, dronlar ve diğer birçok teknolojik olanak sayılabilir. Bu noktadan hareketle, denilebilir ki, yapay zeka dahil olmak üzere, pek çok teknolojik yeniliğe akıllı kentlerin oluşturulması ve bu kentlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması için ihtiyaç vardır [20].

Hem akademik yazında vurgulanan hem de uygulama alanlarında tecrübe edilen bilgilerden yararlanılarak, afet risk yönetim sürecinde yapay zekâ kullanımının avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Yapay zekâ uygulamalarına afet risk yönetim süreçlerinde

başvurulmasının sağladığı avantajlar şu şekilde listelenebilir [12, 55]:

- Afetin olası kayıplarının minimize edilmesi için kapsamlı ve sistematik bir yaklaşım geliştirilmesi
- Afetin olası kayıplarının minimize edilmesi için teknolojik olanaklardan yararlanılması
- Yerel ve merkezi yönetimlerin bilgi teknolojilerinden yararlanarak afet planlama ve risk yönetimi alanında politika ve stratejiler geliştirmesi
- Afet sürecinde insan davranışları hakkında daha fazla bilgi edinilmesi
- Afet sonrası arama ve kurtarma faaliyetlerinde ve enkaz çalışmaları için teknolojik olanaklardan yararlanılması (Drone, insansız hava taşıtları, vb.)
- Bilgi teknolojilerinin kentleşme süreçlerine yeni bakış açıları kazandırması
- Sürdürülebilir kentsel gelişmeye katkı sağlaması ve kamu hizmetlerinin kolaylaşması
- Kentin mevcut potansiyellerinin ve limitlerinin saptanması
- Büyük Veri (*Big Data*) yöntemiyle afet öncesi ve sonrasında ulaşım ağlarına ilişkin gerçek zamanlı ve anlık bilgiye ulaşılabilmesi
- Kaynak atama çalışmalarının afet öncesi ve sonrasında yapılabilmesi
- Öneri fayda – maliyet analizlerine olanak sağlaması
- Afet senaryolarının oluşturulması ve olası hasar tespitlerinin yapılabilmesi.

Yapay zeka uygulamalarına afet risk yönetim süreçlerinde başvurulmasının ortaya çıkardığı dezavantajlar ise şu şekilde sıralanabilir [11, 20, 55]:

- Kentsel dirençliliğin tesis edilmesinde teknolojik olanakların tek başına yetersiz kalması
- Teknolojilerin ilerleme hızı ile politika geliştirme hızının aynı olmaması
- Küresel ölçekte gözlenen çevresel sorunlara yerel ölçekte çözüm bulunamaması
- Mekansal veri temini ve çevresel politikalar konusunda yasal mevzuatın yetersiz kalması
- Yapay zeka uygulamalarında sınır ağları davranışlarının ve işleyişin tam olarak açıklanamaması
- Kullanıcı tecrübeleriyle sınırlandırılan bu uygulamaların afet risklerinin öngörülmesi konusunda yetersiz kalması
- Uygun parametre seçimi yapılmadığında sağlıklı çözüme ulaşamaması özelliği sebebiyle afet yönetim süreçlerinde eksiklikler ve aksaklıklar meydana gelmesi.

Bilindiği üzere, acil durum yönetimi, önceden kestirilebilen veya ani meydana gelen acil durumların gelişmesinden önce başlayan ve durumun eski haline döndürülebilmesi için yapılan çalışmalar ile bunların organizasyonunu kapsayan yönetim sürecidir. Büyük ölçekte acil durum yönetimi doğal afetler, terör saldırıları ve birçok insanı maddi manevi yönden etkileyen olayları içine almaktadır. Dinamik bir süreç olan acil durum yönetiminde birçok farklı açıdan olası durumlar doğru ve koordineli biçimde planlanmış olmalı. Başka bir deyişle, iyi işleyen bir sistemin tasarlanmış olması acil durum yönetimi için kritik öneme sahiptir.

Teknolojik olanakların kullanımı ve afet risklerinin önceden tahmin edilerek olası kayıpların azaltılması, her ne kadar yapay zekâ uzmanlık alanının konuları arasında yer alsada, listelenen avantaj ve dezavantajlar dikkatle incelendiğinde birkaç husus göze çarpmaktadır. Bunlardan ilki, afet yönetim süreçlerinin geçmişten günümüze kat etmiş olduğu mesafe ile yapay zeka uzmanlık alanının kat etmiş olduğu mesafe aynı değildir ve bu fark birtakım sistemsel aksamaları beraberinde getirmektedir. Bunun yanı sıra, 1990'lı yıllarda hız kazanan yapay zeka uygulamalarının 30 yıllık kısa bir zaman diliminde afet riskinin azaltılması konusunda yürütülen çalışmalara aktif ve etkin biçimde dahil edilebilmiş olması oldukça önemli bir kazanımdır. Kentleşme pratikleri ile teknolojik uygulamaların ortak bir özelliği olarak, sürecin işleyişi konusunda pek çok belirsizliğin olması ve sürdürülebilir bir yapı kurabilmek için çok değişkenli süreçlerin dikkatle izlenmesi ve yönetilmesi ön plana çıkmaktadır. Bu noktadan hareketle denilebilir ki, risk yönetim süreçlerinde yapay zekâ kullanımının avantajları ve dezavantajları dikkatli biçimde ve karşılaştırmalı olarak izlenmelidir.

4. UYGULAMA ÖRNEKLERİ (THE APPLICATION EXAMPLES)

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, günümüzde bilgisayar teknolojilerinin ve donanımlarının gelişimine paralel olarak, yapay zekâ uygulamalarının her alanda kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. Sistem analizi, tıp, savunma sanayi, haberleşme, üretim, otomasyon, afet yönetimi, ekonomi, karar destek sistemleri gibi pek çok alan buna örnek verilebilir [13, 16]. Afet risklerinin doğru ve etkin biçimde yönetilebilmesi konusuna odaklanan bu çalışmada, risk yönetimi sürecinde birçok sistemin (Nesnelerin İnterneti, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Radyo Frekansı Tanımlama Sistemleri, sensörler, vb.) kullanıldığı ifade edilmektedir [5]. Çalışma kapsamında, farklı içerikte üretilen çalışmalarda teknolojik olanaklardan nasıl ve ne ölçüde yararlandığı ortaya konulmuştur. Buna ek olarak, Tablo 2'de afet yönetimi aşamalarına ait faaliyetler ve bu amaçlara yönelik yapılan uygulamalara yer verilmiştir.

Tablo 2. Afet yönetimi aşamalarına ilişkin faaliyetler ve uygulamalar (Yazar tarafından oluşturulmuştur) (Activities and applications related to disaster management process) (Prepared by the author)

İlgili Aşama Faaliyetleri	Kullanılabilecek Sistemler ve Uygulamaları
Zarar Azaltma Aşaması	
Afet senaryolarının oluşturulması	Uzaktan algılama teknolojisi ile hasarlı veya yeterli dayanıklılığa sahip olmayan yapıların belirlenmesi Nesnelerin interneti kullanımı ve sosyal medya verileri ile afet öncesinde erken uyarı sistemlerinin kurulması Önceki afet kayıtları ve görüntülerinin işlenmesi ile hasar tahmin çalışmalarının yapılması
Afet durumunda etkileyecek kişilerin ve bölgelerin belirlenmesi	
İlgili bölgeler ve bu bölgelerdeki binaların, yapıların risk analizinin yapılması	
Afet senaryolarının üretilmesi ve çözüm yollarının geliştirilmesi	
Olası bir afet durumu için gerekebilecek bütçenin belirlenmesi	
Erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi	
Bina, yol, yapıların güçlendirilmesi	
Hazırlık Aşaması	
Acil durum planlarının oluşturulması	RFID etiketleme ile mevcut malzeme bilgilerine ulaşılması ve malzeme yönetimi yapılması Görüntü işleme teknolojilerinin kullanımı ile yol ağlarının kontrol edilmesi Özel geliştirilmiş karar destek sistemleri ile ilgili tüm paydaşları bir araya getiren, bilgi paylaşımını sağlayan platformlar oluşturulması Sosyal medya veri işleme sistemi kurularak erken uyarı ve yer belirleme yapılabilmesi Sosyal medya veri işleme sistemi kurularak nüfusun durumuna göre kaynak atama optimizasyonu yapılması Afet sonrasına ilişkin insani yardımların tahminlerinin yapılması için karar ağacı yöntemi kullanılması ve karar verme sürelerinin kısaltılması
Acil tıp merkezleri için yer tespitlerini yapılması	
Geçici acil yardım merkezlerinin yer belirlemelerinin yapılması	
Afet senaryolarına göre gerekebilecek malzeme ihtiyaçlarının belirlenmesi	
Afet senaryolarına göre gerekebilecek insan kaynaklarının planlanması	
Yaralı taşıma, kurtarma operasyonlarının planlanması	
Afet durumları için gereken iletişim ağı alt yapılarının geliştirilmesi	
Gereken araç, ekipman, teknoloji seçimlerinin yapılması	
Personel eğitimleri, toplum bilinçlendirme çalışmalarının yapılması	
Gerekli bütçeleme çalışmalarının yapılması	
Sığınak yerlerinin belirlenmesi, ulaşım ağlarının oluşturulması	
Devlet, kurum, kuruluş koordinasyon sisteminin oluşturulması	

Peña-Mora vd. (2008), çalışmalarında afet yönetiminde hazırlık ve müdahale aşamalarını dikkate alarak bina değerlendirme çalışmaları üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında 'collaboration for preparedness, response and recovery (CP2R)' sistemi ile belirledikleri ihtiyaçları karşılayacak ve bina değerlendirme çalışmalarını destekleyecek bir bilgi sistemi önerisinde bulunmuşlardır [21]. Alamdar vd. (2016) çalışmalarında sensörlerin ve onların verilerinin afet yönetiminde farklı organizasyonlara nasıl karar desteği sağlayabileceğini incelemektedir. Çalışma Avusturya'da sel felaketini dikkate alan örnek bir çalışma üzerinden işlenmiştir. Afet yönetiminde karşılaşılan zorlukları üç maddeye ayıran çalışmada sensör web tipine dayalı yeni bir yaklaşım önermişlerdir [22].

Gill vd. (2016) ileri yaştaki insanları acil durumlarda bilgilendirebilecek IoT özellikli, yönlendirmeli bilgi sistemi yaklaşımı önerisinde bulunmaktadır. Çalışmanın amacı, acil durumların sıkça rastlandığı Avusturya'da araştırmacılar tarafından ileri yaştaki insanlar için bu gibi bilgilendiricilerin dikkate alınmasını sağlamaktır. Çalışmada farklı mimari yapılar önerilmiştir ve bir örnekle beraber prototip çalışması yapılmıştır [23]. Ray vd. (2017) çalışmalarında afet yönetiminde IoT'nin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Afet türleri yönetim, izleme, analiz ve tahmin açılarından değerlendirilmiştir. Afet yönetiminde IoT destekli protokollerle ilgili geniş bilgi verilen çalışmada birçok afet türünü incelemiş ve var olan uygulamalardan örnekler vererek karşılaştırmalar yapmışlardır. Afet türüne göre sistem tasarımıyla ilgili bilgilerin verildiği çalışmada, afet yönetiminde IoT kullanımının zorlukları ve gelecek yönelimleri ele alınmıştır [24].

Ray ve Turuk (2017), afet durumunda zamanın önemini vurguladıkları çalışmalarında afet sonrası iletişim için bir öneride bulunmuşlardır. Ağın afet durumunda karşılaşılabileceği zorluklar, kısıtlamalar açıklanarak önerilen sistemin var olanlara göre karşılaştırması yapılmıştır [25]. Lv vd. (2017), çalışmalarında elektronik hükümet bulut hizmet modeli önerisinde bulunmuşlardır. Afet yönetimi için kapsamlı olarak tüm aşamalar üzerinde geliştirilmiş karar destek sistemi önermişlerdir. Önerilen sistem teknolojik yapılar ve uygulamalar olarak farklı katmanlar halinde ele alınıp her katmanın ayrıntılı açıklamasına yer verilmiştir [26].

Landwehr vd. (2016) ve Ai vd. (2016) karar destek sistemi önerdikleri çalışmalarında tsunami durumu için zarar azaltma aşamasını dikkate almıştır. Çalışma CBS ve sosyal medya üzerinde yoğunlaşmıştır [27, 28]. Chung ve Park (2016), afet olduğu durumda hızlı ve güvenli olarak veri elde edip depolayabilecekleri bir IoT tabanlı 'Peer to Peer (P2P)' bulut sistemi önermişlerdir [29]. Deak vd.(2013), Yang vd.(2013) ve Wang vd.(2015) müdahale aşamasını dikkate almışlardır. Bu çalışmalarda IoT, sensör ve CBS sistemlerinden yararlanılarak karar destek ve iletişim ağ sistemi önerisinde bulunulmuştur [30-32].

Yao vd. (2017), çalışmada gönüllü verilerinden yararlanılarak şehir nüfusunun binalara göre nasıl dağıldığını farklı algoritmalar uygulayarak belirlemiştir. Çalışmanın temel amacı nüfus dağılımlarının belirlenmesi ile kaynak atama faaliyetlerinin optimizasyonunu sağlamaktır. Afet öncesi, afet durumu ve sonrası için yapılan çalışmalarda erken uyarı, afet durumunda bölgelerdeki şiddetin büyüklüğü hakkında bilgi, afet sonrasında kişilerin güvenliği, ihtiyaçları bilgilerinin edinilmesinde sosyal medya verileri kullanılabilir. Elde edilen veriler veri analitiği çalışmaları ile analiz edilmektedir [27, 33, 34, 35, 36]. Landwehr vd. (2016), atılan metin mesajlarının (tweet) analizi ile tsunami için planlama ve erken uyarı üzerine çalışmışlardır. Bu mesajlardan anahtar kelimeleri yakalayıp sınıflandırmışlardır. Sınıflandırma sonrasında istatistik ve makine öğrenmesi yöntemlerini uygulamışlardır [28].

Ma ve Zhang (2017), Büyük Veri yöntemini kullanarak işbirliği, koordinasyon, haberleşme için karar destek sistem önerisinde bulunmuşlardır [37]. Yeum vd. (2018), çalışmalarında geçmiş afet görüntülerinden yararlanılarak afet sonrası araştırma çalışmalarından elde edilen görüntülerin işlenmesi ve sınıflandırılması için çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında görüntü sınıflandırma ve hasar belirleme çalışmasında yapay sinir ağları yöntemini uygulamışlardır [38]. Reznik vd. (2017) üç farklı bilgi sisteminden alınan verilerin tarım alanlarında acil durumlarda nasıl kullanılabilmesine dair bir çalışma yapmışlardır. Hazırlık ve müdahale aşamalarında edinilen verilerin kullanımına dair değerlendirmede bulunmuşlardır [39]. Tak ve Soo (2017), farklı sensörlerden alınan bilgilerin değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin buna entegrasyonu ile gaz hattı üzerinde değerlendirmeyi mümkün kılan gerçek zamanlı bir sistem önermişlerdir. Afet hazırlık aşamasını dikkate alan sistem için risk değerlendirme faaliyetleri üzerinde durulmuştur [40].

Griffith vd. (2017), çalışmalarında insani yardım lojistiği faaliyetleri için öneriler sunmuşlardır. İnternet üzerinde istenilen konuları dikkate alan harita oluşturma ve Karar Ağacı yöntemleri ile karar çevrim sürelerini düşüren sistem önerisinde bulunmuştur. Çalışmada verilerin elde edilebileceği kaynaklar özellikle belirtilmiştir [41]. Lele ve Lhua (2016) kimya endüstrisi alanında oluşabilecek acil durumlar için önleyici, tüm süreç içerisinde erken uyarı sistemini inceleyecek karar destek sistemi önermişlerdir [42].

Leiras vd. (2014), afet durumunda insani yardım lojistiği faaliyetlerini içeren literatür çalışmasında afet operasyonları yönetimindeki trendler ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunmuşlardır [43]. Özdamar ve Ertem (2015) müdahale ve iyileştirme aşamaları, Jain vd. (2017) zarar azaltma aşaması için literatür çalışması yapmışlardır. Bu çalışmalarda sistematik yaklaşımlar izlenmiştir ve geleceğe yönelik olarak çalışılabilir alanlarla ilgili önerilerde bulunulmuştur [44, 45]. Chen vd. (2017) afet yönetim sürecinin tamamının dikkate alındığı çalışmada acil durum yönetiminde akıllı sistemler

üzerine literatür çalışması yapmışlardır. Fosso vd. (2015) afet yönetiminde Büyük Veri uygulamalarını içeren sistematik bir literatür araştırması yapmış ve konuyla ilgili önerilerde bulunmuşlardır. Goswami vd.(2016) doğal afetlerde Veri Madenciliği ve Veri Analitiği yöntemlerini dikkate alan bir literatür çalışması hazırlamışlardır. Çalışmada istatistiksel yöntemler, yapay sinir ağları, kümeleme, metin madenciliği (text mining), zaman serileri gibi yöntemler ön plana çıkartılmıştır [46-48].

Ohio kentinde (ABD) ve Hindistan'ın belirli bölgelerinde yapay zekâ destekli modellerin kurulması ve meteorolojik verilerin kullanılarak Nesnelerin İnterneti yöntemiyle yağış rejimlerinin izlenmesi ve taşkın tahminlerinin yapılmasının amaçlandığı projeler hâlihazırda yürütülmektedir. Buna ek olarak, Google Acil Durum Uyarıları programı aracılığıyla, önceki dönemlerde meydana gelen taşkınların sisteme işlenmesi ve olası taşkın tahminlerinin yapılması için Google firmasının yapay zekâ kullanımına dair bir proje önerisi geliştirdiği bilinmektedir. Yapay zekâ uygulamalarının su ile bağlantılı afetlerin yönetiminde kullanılmasına dair geliştirilen bu projede belirlenen hedefler arasında şu maddeler dikkat çekmektedir [49]:

- Hava durumu ve yağış rejimlerinin izlenmesi
- Dinamik yapılı veri tabanlarıyla periyodik risk haritalarının oluşturulması
- Kentsel gelişme stratejilerine öngörü ve bulguların dâhil edilmesi
- Risk planlama süreçlerinde senaryoların geliştirilmesi.

Akademik yazında yer alan uluslararası uygulama örneklerinin yanı sıra, Türkiye'de hayata geçirilen uygulamalar incelendiğinde ise, 'Dijital Dönüşüm Ofisi' çatısı altında farklı uzmanlık alanlarında yapay zekâ uygulamalarına öncülük etmek ve kamu hizmetlerinde Büyük Veri kullanımının yaygınlaştırılması gibi önemli çalışmalar yürütülmektedir. Ayrıca, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan '2020 – 2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı' kapsamında akıllı şehir uygulamalarının desteklenmesi planlanmıştır. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından Coğrafi Bilgi Sistemleri araçlarından yararlanılarak 'Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (AYDES)' kurulmuştur. Buna ek olarak, AYDES-UZAL uygulamasında ise Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinden birlikte yararlanılması planlanmıştır [50].

Teknolojik olanaklardan yararlanılarak hayata geçirilen ve afet yönetim sisteminin önemli parçasını oluşturan uygulamalara ek olarak, Türkiye'de merkezi yönetimin önderliğinde yürütülen projeler şu şekilde sıralanabilir [50]:

- Kesintisiz ve Güvenli Haberleşme Sistemi (KGHS)
- Bütünleşik İkaz Alarm Sistemi (İKAS)
- Türkiye Deprem Tehlike Haritası

- Taşkın Tahmini ve Erken Uyarı Merkezi
- Taşkın Arıza Müdahale Bilgi Sistemi (TAMBİS)
- Meteorolojik Veri Bilgi Sunum ve Satış Sistemi (MEVBİS)
- Sayısal Hava Tahmini (SHT)
- Kent Bilgi Sistemleri (KBS)
- Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Altyapısı (TUCBS).

Ayrıca, mimari tasarım alanında yapay zekâ kullanımına ilişkin uygulamalar son dönemde sıklıkla tercih edilmektedir. Yapı taşıyıcı sisteminin kurgusunun oluşturulması amacıyla, Python ve Image Artificial Intelligence (IAI) araçları kullanılarak görüntü tanıma, işleme ve derin öğrenme tekniklerinin geliştirilmesi ve 2 boyutlu çalışmalar üretilmesi sağlanmaktadır. Bina Bilgi Sistemi (BBS) uygulamasında ise temel olarak hedeflenen, 2 boyutlu vektörel çizimlerden ziyade fotoğraf üzerinden hızlıca değerlendirmeler yapma olanağının sağlanması ve güncel veri tabanlarının oluşturularak yapı envanterinin çıkartılmasıdır. Diğer bir yenilikçi uygulama ise Düzensizlik Kontrol Asistanı (DKA) uygulamasıdır. Deprem Yönetmeliğinde yer alan plan düzlemindeki düzensizliklerin ve proje taşıyıcı sistemine dair risk oluşturacak düzensizliklerin uzmanlar tarafından incelenmesi için bu uygulama geliştirilmiştir [51].

Şehir planlama uzmanlık alanı gibi, mimarlık ve inşaat mühendisliği alanlarında da yapay zekâ kullanımının gittikçe yaygınlaştığı gözlemlenmektedir. Bu alanlarda yapay zekâ kullanımına örnekler şu şekilde sıralanabilir [51]:

- Binaların tasarım süreçlerinin erken aşamalarında yapay zekâ yöntemleri kullanılarak maliyet tahminlerinin yapılması
- İnşaat sürecinde süre tahmininin yapılması
- Geleneksel mühendislik yöntemlerinin sınırlı kaldığı yerde riski azaltmak adına karar optimizasyonu ve risk analizleri yapılması
- İmar Yönetmeliği'ne göre arsa için en uygun bina tasarımının belirlenmesi ve vaziyet planı üretilmesi
- Mimari Akıllı Tasarım (MAT) uygulamasının geliştirilmesi ve kullanılması
- Yapısal risk değerlendirmelerinin teknolojik olanaklardan yararlanılarak yapılması.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Dünya genelinde yoğun nüfus hareketleri ve yapılaşma pratiklerinin gözlemlendiği günümüzde, afetlerin sayısının ve sıklığının her geçen gün artmakta olduğu ve küresel iklim değişikliği sebebiyle farklı coğrafi bölgelerde çeşitlenen afet türlerinin görüldüğü açıkça ortadadır. Kentsel alanların afet riski söz konusu olduğunda çarpan etkisi yaratması sonucunda, etkin bir

afet yönetimi ihtiyacı söz konusu olmuştur. Sürdürülebilir, uzun vadede etkin, çok paydaşlı ve disiplinlerarası biçimde sürecin yönlendirildiği Modern Bütünleşik Afet Yönetim sürecinin hayata geçirilebilmesi için dünya genelinde kabul görmüş bir genel kanı vardır: Afet yönetimi alanında BİT'in kullanımının gerekliliği [8, 10, 11].

Geçmiş dönemlerden günümüze kadar dünya çapında önemli kayıplara sebep olan afetler yaşanmıştır ve halen devam etmektedir. Afetlerin birçoğu çok kısa bir zaman dilimi içerisinde ortaya çıktığından dolayı başarılı ve etkin bir afet yönetim sürecinde hızlı planlama, karar verme ve doğru uygulamaların hayata geçirilmesi kritik bir öneme sahiptir. Genel olarak, afet yönetimi süreci karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir. Kontrolü zor olan bu yapı için sistemlerden gelen verilerin depolanması, işlenmesi, haritalandırılması ve değerlendirilmesi için teknolojinin sağladığı olanaklara ihtiyaç vardır. Yenilikçi teknolojilerden yararlanılması ise, afet sonrasında olduğu kadar, afet öncesinde de riskin azaltılması adına oldukça önemli kazanımlar sağlayacaktır [5, 7-9].

Günümüzün hızlı gelişme ortamında verinin toplanması, derlenmesi, saklanması, güncelleştirilmesi, organizasyonu, analizi, yönetimi ve sunumu amacıyla uzay teknolojileri temelli sistemlerin özellikle karar verme süreçlerinde tam entegrasyonlarının sağlanarak kullanılması gerekmektedir [1, 6, 52].

Afet risk değerlendirmesi, Risk Yönetim sürecinin temel yapı taşlarından biri olup, aynı zamanda karar alma süreçlerinin temel dayanaklarından biri sayılmaktadır. Afetlere ilişkin risklerin yönetilmesi konusu oldukça zorlayıcı olabilmektedir. Bunun gerekçesi, afetler gerçekleşene kadar risklerin görünmez kalması ve tam anlamıyla olası etkilerinin öngörülememesidir. Doğal bir afetin gerçekleşmesi durumunda, başarılı bir risk yönetim süreci ortaya koymak kavramsal, bilimsel ve teknik açıdan hem karar mekanizmalarını hem de afetten etkilenen tüm kesimleri zorlayıcı bir unsur haline gelmektedir. Bu sebeple, özellikle afet öncesi dönemde afet risklerine dair ortaya konulan tüm göstergeler kentin tüm paydaşlarının erişimine açık, şeffaf, kolayca anlaşılır ve güvenilir olmak durumundadır [53, 54].

Afet yönetimi içerisinde riskin belirlenmesi ve olası hasarların tahmininde genelde fiziksel faktörlerin değerlendirmeye alınması ve sosyal faktörlerin devre dışı bırakılması önemli bir sorundur. Afet temelli çalışmaların verimliliği bu sebeple olumsuz yönde etkilenmektedir. Nüfus, istihdam, sosyal ve ekonomik yapı, göç olgusu gibi parametreler Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle risk analiz çalışmalarına dâhil edilmektedir [5,15]. Yalnızca risk ve hasar tespitinde değil, aynı zamanda mekansal ve mekansal olmayan bilgilerin afet öncesinde zarar azaltma çalışmalarında kullanılması bakımından yapay zeka uygulamalarının kritik bir rolü olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, teknolojik yeniliklerden yararlanılarak Risk Yönetim süreçlerinde modern yöntemler geliştirilmesi ve her türlü kaynağın (zaman, bütçe, nitelikli insan, teknik destek vb.) temin edilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak, olası bir afet sonrasında geleneksel yöntemler kullanılarak Kriz Yönetim süreçlerine odaklanmak yerine, olası bir afet öncesinde modern yöntemlerle Risk Yönetim süreçlerine odaklanmak yerel ölçekte karar mekanizmaları için önemli kazanımlar sağlayacaktır. Başka bir deyişle, yoğun nüfus ve yapı stoğunun bulunduğu kentsel alanlarda afet risklerinin doğurabileceği olumsuz sonuçları minimize edebilmek ve/veya bertaraf edebilmek adına önemli bir eksen değişikliğine ihtiyaç vardır.

Kentsel planlama ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi süreçlerinde vatandaşların sağlıklı, güvenli ve nitelikli fiziksel çevrelerde ikamet edebilmeleri adına, günümüzün teknolojik olanaklarından (Yapay Zekâ, Büyük Veri, sensörler, vb.) yararlanmak yerel yönetimler tarafından önceliklendirilmesi gereken konulardan biridir. Yalnızca afet risk yönetim süreçleri değil, aynı zamanda karmaşık ve çok boyutlu kentsel planlama süreçlerinin başarılı biçimde yönetilebilmesi için yerel ölçekte kentsel altyapıya yönelik bu uygulamaların hayata geçirilmesi önemli, gerekli ve acildir. BİT temelli uygulamalara ağırlık verilmesi, mevcut afet risklerinin azaltılması ve/veya bertaraf edilmesi sürecinde gerekli politika ve eylemlerin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacağı açıktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S.S. Durduran, A. Geymen, "Türkiyede Afet Bilgi Sistemi Çalışmalarının Genel Bir Değerlendirmesi", **2. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2008)**, 344 – 352, Kayseri, 2008.
- [2] L. Lin, A. Nilsson, J. Sjolín, M. Abrahamsson, H. Tehler, "On the perceived usefulness of risk descriptions for decision-making in disaster risk management", *Reliability Engineering and System Safety*, 142, 48–55, 2015.
- [3] E. Örselli, C. Akbay, "Teknoloji ve Kent Yaşamında Dönüşüm: Akıllı Kentler", *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2 (1), 228-241, 2019.
- [4] C. Harrison, I.A. Donnelly, "A Theory of Smart Cities", **Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS - 2011**, Hull, UK, 1-15, 2011.
- [5] N. Çağlayan, Ş.I. Satoğlu, E.N. Kapukaya, "Afet Yönetiminde Büyük Veri Ve Veri Analitiği Uygulamaları: Literatür Araştırması", **7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi (ULTZK 2018)**, Bursa, 2018.
- [6] Internet: Emergency Events Database (EM-DAT), http://emdat.be/sites/default/files/adsr_2016.pdf, 05.01.2022.
- [7] H. Kemper, G. Kemper, "Sensor Fusion, GIS and AI Technologies for Disaster Management", **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XLIII-B3-2020, XXIV ISPRS Congress, 2020.
- [8] Y.M. More, "Disaster Management Using Artificial Intelligence", *Journal of Xi'an University of Architecture and Technology*, Volume XI, Issue XII, Issn No : 1006-7930, 2019.
- [9] L. Tan, J. Guo, S. Mohanarajah, K. Zhou, "Can we detect trends in natural disaster management with artificial intelligence? A review of modeling practices", *Natural Hazards*, 107, 2389–2417, 2021.
- [10] G. Abhijeet, D. Samir, "Information Based Approach for Disaster Risk Management", **20th International Symposium on Logistics (ISL 2015)**, Bologna, Italy, 5-8 Temmuz, 2015.
- [11] R. Corrado, "ICTs and AI-Driven Solutions for Disaster Management", *Cambodia Development Center*, 3 (10), 2021.
- [12] W. Sun, P. Bocchini, B.D. Davison, "Applications of artificial intelligence for disaster management", *Natural Hazards*, 103, 2631–2689, 2020.
- [13] D. Sürmeli, **Yapay Sinir Ağları İle Afet Yönetiminde Sosyal Zarar Görebilirlik Riskinin Belirlenmesi**, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 2011.
- [14] T. Yiğitcanlar, K.C. Desouza, L. Butler, F. Roozkosh, "Contributions and Risks of Artificial Intelligence (AI) in Building Smarter Cities: Insights from a Systematic Review of the Literature", *Energies*, 13, 1473, 2020.
- [15] L. Memiş, C. Babaoğlu, **Afet Yönetimi ve Teknoloji: Farklı Boyutlarıyla Afet Yönetimi** (Edt. M. Yaman ve E. Çakır), Nobel Yayınevi, Ankara, Türkiye, 2020.
- [16] World Bank, **Machine Learning for Disaster Risk Management**, International Bank for Reconstruction and Development/International Development Association, GFDRR, Washington, 2018.
- [17] A. Ayaydın, M. A. Akçayol, "Deep Learning Based Forecasting of Delay on Flights", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 15 (3), 3-5, 2022.
- [18] C. Şen, İ. S. Mert, M. Abubakar, "Büyük Veri Yönetimi, Bilgi Aramada Sosyal Medya Kullanımı ve T-Yetenek Üzerindeki Etkileri", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 14 (4), 3-5, 2021.
- [19] V. Nunavath, M. Goodwin, "The Role of Artificial Intelligence in Social Media Big Data Analytics for Disaster Management - Initial Results of a Systematic Literature Review", **5th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)**, 2018.
- [20] S. Pirasteh, M. Varshosaz, "Geospatial Information Technologies in Support of Disaster Risk Reduction, Mitigation and Resilience: Challenges and Recommendations", **Sustainable Development Goals Connectivity Dilemma**, 1st Edition, ImprintCRC Press, 2019.
- [21] F. Peña-Mora, Z.U.H. Aziz, A. Chen, A. Plans, S. Foltz, "Building assessment during disaster response and recovery", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 161(4), 183–195, 2008.
- [22] F. Alamdar, M. Kalantari, A. Rajabifard, "Towards multi-agency sensor information integration for disaster management", *Comput. Environ. Urban Syst.*, 56, 68–85, 2016.

- [23] A.Q. Gill, N. Phennel, D. Lane, V.L. Phung, "IoT-enabled emergency information supply chain architecture for elderly people: The Australian context. Information Systems", *Information Systems*, 58, 75–86, 2016.
- [24] P.P. Ray, M. Mukherjee, L. Shu, "Internet of Things for Disaster Management: State-of-the-Art and Prospects", *IEEE Access*, 5, 18818–18835, 2017.
- [25] N.K. Ray, A.K. Turuk, "A framework for post-disaster communication using wireless ad hoc networks", *Integration, the VLSI Journal*, 58(Supplement C), 274–285, 2017.
- [26] Z. Lv, X. Li, K. Choo, "E-government multimedia big data platform for disaster management", *Multimedia Tools and Applications*, 1–13, 2017.
- [27] F. Ai, L. K. Comfort, Y. Dong, T. Znati, "A dynamic decision support system based on geographical information and mobile social networks: A model for tsunami risk mitigation in Padang, Indonesia", *Safety Science*, 90, 62–74, 2016.
- [28] P.M. Landwehr, W. Wei, M. Kowalchuck, K.M. Carley, "Using tweets to support disaster planning, warning and response", *Safety Science*, 90, 33–47, 2016.
- [29] K. Chung, R.C. Park, "P2P cloud network services for IoT based disaster situations information. Peer-to-Peer Networking and Applications", *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 9 (3), 566–577, 2016.
- [30] G. Deak, K. Curran, J. Condell, E. Asimakopoulou, N. Bessis, "IoT's (Internet of Things) and DfPL (Device-free Passive Localisation) in a disaster management scenario", *Simulation Modeling Practice and Theory*, 35, 86–96, 2013.
- [31] W. Wang, C. Hu, N. Chen, C. Xiao, C. Wang, Z. Chen, "Spatio-temporal enabled urban decision-making process modeling and visualization under the cyber-physical environment", *Science China Information Sciences*, 58(10), 1–17, 2015.
- [32] L. Yang, S.H. Yang, L. Plotnick, "How the internet of things technology enhances emergency response operations", *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9), 1854–1867, 2013.
- [33] S. Linardi, "Peer coordination and communication following disaster warnings: An experimental framework", *Safety Science*, 90(Supplement C), 24–32, 2016.
- [34] V.K. Neppalli, C. Caragea, A. Squicciarini, A. Tapia, S. Stehle, "Sentiment analysis during Hurricane Sandy in emergency response", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21(Supplement C), 213–222, 2017.
- [35] T. Papadopoulos, A. Gunasekaran, R. Dubey, N. Altay, S.J. Childe, S. Fosso-Wamba, "The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability", *Journal of Cleaner Production*, 142(2), 1108–1118, 2017.
- [36] Y. Yao, X. Liu, X. Li, J. Zhang, Z. Liang, K. Mai, Y. Zhang, "Mapping fine-scale population distributions at the building level by integrating multi source geospatial big data". *International Journal of Geographical Information Science*, 31(6), 2017.
- [37] Y. Ma, H. Zhang, "Enhancing Knowledge Management and Decision-Making Capability of China's Emergency Operations Center Using Big Data", *Intelligent Automation and Soft Computing*, 24(1), 1–8, 2017.
- [38] C.M. Yeum, S.J. Dyke, J. Ramirez, "Visual data classification in post-event building reconnaissance", *Engineering Structures*, 155, 16–24, 2018.
- [39] T. Řezník, V. Lukas, K. Charvát, K. Charvát, Z. Krivánek, M. Kepka, L. Herman, H. Řezníková, "Disaster Risk Reduction in Agriculture through Geospatial (Big) Data Processing", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(8), 238, 2017.
- [40] P.J. Tak, K.C. Soo, "A Study on the Construction of City-Gas Smart Disaster Prevention System Based on GIS". *International Journal of Control and Automation*, 10, 2017.
- [41] D.A. Griffith, B. Boehmke, R.V. Bradley, B.T. Hazen, A.W. Johnson, "Embedded analytics: improving decision support for humanitarian logistics operations", *Annals of Operations Research*, 1–19, 2017.
- [42] Q. Lele, K. Lihua, "Technical Framework Design of Safety Production Information Management Platform for Chemical Industrial Parks Based on Cloud Computing and the Internet of Things", *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 9(6), 299–314, 2016.
- [43] A. Leiras, I. De Brito, E. Queiroz, T. Bertazzo, H. Yoshida, "Literature review of humanitarian logistics research: trends and challenges", *J. Humanitarian Logistic. Supply Chain Manage.*, 4, 95–130, 2014.
- [44] G. Jain, A. Kulshrestha, N.L. Vyas, "Radio Frequency Identification Technology application for disaster and rescue: a review", *International Archive of Applied Sciences and Technology*, 8, 64–73, 2017.
- [45] L. Özdamar, M.A. Ertem, "Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics", *European Journal of Operational Research*, 244(1), 55–65, 2015.
- [46] N. Chen, W. Liu, R. Bai, A. Chen, A., "Application of computational intelligence technologies in emergency management: a literature review", *Artificial Intelligence Review*, 1–38, 2017.
- [47] S. Fosso Wamba, S. Akter, A. Edwards, G. Chopin, D. Gnanzou, "How "big data" can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study", *International Journal of Production Economics*, 165, 234–246, 2015.
- [48] S. Goswami, S. Chakraborty, S. Ghosh, A. Chakrabarti, B. Chakraborty, "A review on application of data mining techniques to combat natural disasters", *Ain Shams Engineering Journal*, In press, 2016.
- [49] Su Politikaları Derneği, **Yapay Zeka ve Su Yönetimi**, Rapor No: 30, Ankara, 2020.
- [50] L. Memiş, C. Babaoğlu, "Acil Durum ve Afet Yönetiminde Süreç Yaklaşımı ve Teknoloji", *Academic Review of Economics and Administrative Sciences*, 13(4) 776–791, 2020.
- [51] K. Bingöl, E.A. Akan, H.T. Örmecioglu, A. Er, "Artificial intelligence applications in earthquake resistant architectural design: Determination of irregular structural systems with deep learning and Image AI method", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(4), 2197–2209, 2020.

- [52] A. Maskrey, “Revisiting community-based disaster risk management”, *Environmental Hazards*, 10, 42–52, 2011.
- [53] M.L. Carreno, O.D. Cardona, A. H. Barbat, A.H., “Urban seismic risk evaluation: a holistic approach”, *Nat. Hazards*, 40 (1), 137–172, 2007.
- [54] N. Lantada, M.L. Carreno, N. Jaramillo, “Disaster risk reduction: A decision-making support tool based on morphological analysis”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 42, 2020.
- [55] Inter-American Development Bank, “**Indicators of Disaster Risk and Risk Management**”, Technical Notes, No. IDB-TN-169, 2010.