



Doğal Afet ve Yapay Zekâ:

Deprem Yönetimini Dönüştüren Bilişim Teknolojileri

Dr. Oğuz Orkun Doma

Mimar, Oyun Geliştirici
İTÜ Mimari Tasarımda Bilişim '23

Prof. Dr. Sinan Mert Şener

İTÜ Mimarlık Fakültesi
Emekli Öğretim Üyesi

Deprem kuşağında yer alan ülkemizde, yakın zamanda yaşadığımız felaketlerin gölgesinde belirsizlik ve endişe hâkim. Peki, depremlere daha iyi hazırlanmak ve yanıt vermek için yeni gelişen bilgi teknolojileri bir umut ışığı olabilir mi?

2023 Şubat'ında Kahramanmaraş, Gaziantep ve Hatay bölgelerini sarsan bir dizi yıkıcı deprem, resmî rakamlara göre 59.000'den fazla cana mal oldu. Bu felaketin ardından yaşananlar, deprem felaketlerini ele alma şeklimizde yeniliklere olan acil ihtiyacımızı kesin bir şekilde hatırlattı. Yaşamımızı, toplumumuzu ve ekonomimizi altüst eden depremlerin olası etkilerini hafifletmek ve hızla toparlanmayı sağlamak için

güncel bilişim teknolojilerinin nimetlerinden yararlanmak kaçınılmaz hâle geliyor.

Sarsıcı hareketlerin yaşandığı tek yer, üzerinde yaşadığımız yer kabuğu değil. Geçtiğimiz yıllar içinde yapay zekâ, artan bir hızla günlük hayatımızda daha fazla yer almaya başladı. Peki, eğitimden otomotive, tıptan eğlenceye kadar her sektörde paradigma değişimlerine yol açan bu teknoloji-

*Tektonik levhalara,
“Dur!” veya “Biraz
bekle!” diyemediğimizi
biliyoruz. Bunun yerine,
sarsıntı başladığında sıkı
tutunmamızı sağlayacak
çeşitli yollar sayesinde,
önleyici tedbirler olarak
depremin şiddetini
azaltamasak da etkisini
azaltmamız mümkün.*



lerin gücünü, doğal afetler konusunda da kullanabilir miyiz? Bilişim teknolojileri, afet yönetim süreçlerimizi iyileştirerek, potansiyel olarak çok sayıda hayat kurtarmamıza yardımcı olabilir ve afet hazırlıklarımızda hayati önemde bir zaman tasarrufu sağlayabilir.

Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi'nde yer alan Adalar ve Kumburgaz segmentleri üzerinde, 7 veya üzeri büyüklükte gerçekleşecek depremin, İstanbul, Bursa ve Kocaeli gibi büyükşehirleri etkilemesi bekleniyor. Yirmi yıldan uzun süredir gündemde olan bu depremle ilgili, ağırlıklı olarak bilimsel göstergeler doğrultusunda deprem tahminleri ve tartışmaları, medyada büyük ilgi görüyor. Şüphesiz ki yer bilimi ve sismolojinin bizlere sağladığı anlayış ve bulgular, deprem stratejilerimize yol gösterme açısından son derece değerli. Ancak, kitle iletişim kanallarında çok dar bir şekilde yalnızca bu bilgi ve tahminlere odaklanmak, bu göstergelerin kamu algısında bir "deprem falı"na indirgenmesi tehlikesini taşıma ve toplumda korku ve çaresizlik iklimi yaratma riskini de beraberinde getiriyor. Sadece İstanbul'un nüfusu 15 milyonu aşkın durumda. Milyonlarca Marmara Bölgesi sakini, yaklaşan sarsıntının endişesiyle yaşıyor. Korkuyla mücadele etmek için bu tehdidi daha iyi anlamamız ve hazırlıklı olmamız gerekiyor. Bu nedenle, afet yönetiminin önemli bir parçası olan toplum bilinci ve farkındalığını artırmak adına; zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerine yönelik pratik adımlar ve stratejiler hakkında daha geniş kapsamlı bir diyalog oluşturulması kritik önem taşıyor.

Bu makalede, mimari tasarım bilişimi, bilgi teknolojileri ve şehir planlama disiplinlerinin bakış açılarından bakarak, gelişen dijital teknolojilerin depreme hazırlık ve afet yönetimi anlayışımızı nasıl tamamlayabileceğine ve geliştirebileceğine ışık tutmayı amaçlıyoruz. Bu multidisipliner perspektifle, gelişen teknolojilerin etkin kullanımıyla gelecekteki sismik tehditlere nasıl daha iyi yanıt verebileceğimizi, bu

süreçte nasıl daha dayanıklı toplumlar inşa edebileceğimizi ve nihayetinde nasıl hayatta kalabileceğimizi anlamaya çalışıyoruz. Yeni teknolojiler ve bilgi çağının sağladığı olanaklarla, daha güvenli ve dirençli bir gelecek inşa etmeye yönelik atacağımız adımların, depremlerin yıkıcı etkilerini hafifletmekte kilit rol oynayacağına inanıyoruz.

Bir zamanlar bilim kurgu ürünü olarak tasavvur edilen pek çok dijital teknoloji artık günlük hayatımıza entegre olmuş durumda. Kısa bir süreliğine bilişim teknolojilerinin bilim kurguda deprem yönetimi için nasıl kullanılabileceğini hayal edelim: Bir yapay zekâ sisteminin bir depremin meydana geleceği yeri ve saati yüksek bir hassasiyetle tahmin ederek insanlara çok kıymetli bir zaman kazandırdığını düşünün. Otonom robotların enkaz kaldırıp canlı arama-kurtarma faaliyetlerine katıldığını, insan meslektaşları için ulaşılmaz olan tehlikeli enkaz ve göçüklerde gezinerek yaşam sinyallerini hassasiyetle yakaladığını, insansız hava araçlarının (İHA) arama ve kurtarma operasyonlarını hızla seferber etmek üzere yıkımın ölçeğini haritalandırdığını hayal edin. Dahası bu akıllı sistemlerin, felaketin sosyoekonomik etkilerini değerlendirerek yeniden yapılanma sürecini yönlendirdiğini, depremi atlatmanın ötesinde daha güçlü, daha dirençli ve daha iyi hazırlanmış bir topluma imkân sağladığını düşünün. Mevcut teknolojinin imkânları, bu bilim kurgu ürünü hayalimize ne kadar yakın, hep birlikte inceleyelim:

I. Zarar Azaltma: Güçlendirilmiş Temeller

Tektonik levhalara, “Dur!” veya “Biraz bekle!” diyemediğimizi biliyoruz. Bunun yerine, sarsıntı başladığında sıkı tutunmamızı sağlayacak çeşitli yollar sayesinde, önleyici tedbirler olarak depremin şiddetini azaltamasak da etkisini azaltmamız mümkün. Afet yönetiminin ilk iki adımı, deprem henüz gerçekleşmeden can ve mal kaybını en aza indirmek üzere dikkatlice atılması gereken önleyici adımlardır. Müzakere



Hazırlık aşamasında, tüm paydaşlar ve ilgili vatandaşların afet yönetimi planlamasında bir araya gelerek, olası bir depreme karşı tam donanımlı ve bilinçli bir şekilde hazır olmaları gerekmektedir.

edilemez olan doğanın ve yer kabuğunun dinamizmi, bizim niyetlerimizi, zaman çizelgemizi, ekonomimizi, politikalarımızı umursamayacağı için, bu adımlarda oldukça gerçekçi ve pratik olmamız elzemdir.

İlk adım olan Zarar Azaltma (*mitigation*), kent ve yerleşimlerimizi afetlere karşı daha dirençli hâle getirmeye odaklanarak, deprem yönetimi stratejilerimizin bel kemiğini oluşturur. Bina yapım ve denetim yönetmeliklerinin daha sıkı hâle getirilmesi, arazi kullanımı ve imar politikalarının gözden geçirilmesi, olası deprem senaryolarına göre bina ve altyapıların güçlendirilmesi, kamuoyu ve paydaşların afet yönetim stratejileri hakkında bilgilendirilmesi ve zarar azaltmaya yönelik yapılacak her türlü ilerleme, depremle olan mücadelenin ön saflarında yer alır. Neyse ki günümüzde, cephe hattında insanlar olarak tek başına değiliz, makineler de siperlerde yanımızda yer alıyor.

Yapay zekâ (*Artificial Intelligence – AI*), özellikle de makine öğrenimi (*Machine Learning – ML*), sismik aktiviteleri ve bunların potansiyel etkilerini tahmin etmeye yardımcı olabilir [1]. Günümüzde makine öğrenimi algoritmaları, tarihsel sismik verileri tarayıp bunlardan öğrenerek, deprem oluşumlarını, olası büyüklüklerini ve etkileyecekleri alanları tahmin etmeye yardımcı olabilecek tahmine dayalı modeller oluşturmak için kullanılmaktadır [2]. Bu öngörüler sayesinde imar gereklilikleri ve deprem yönetmelikleri bölge hassasiyetinde belirlenebilir, inşaat uygulamaları yönlendirilebilir, afet hazırlık ve müdahale stratejileri oluşturulabilir.

Yapı Bilgi Modellemesi (*Building Information Modeling – BIM*), bir binanın fiziksel ve işlevsel özelliklerini dijital olarak modellemek için kullanılan bir süreçtir. BIM modelleri, bir binanın performansını, maliyetlerini ve bakımını tüm yaşam döngüsü boyunca analiz etmek ve yönetmek için kullanılmaktadır. Dijital ikizler ise, BIM'in bir adım ötesine geçerek, bir binanın gerçek zamanlı bir dijital kopyasını oluştururlar. Dijital ikizler, sürekli olarak güncellenen gerçek zamanlı verileri kullanarak, binanın mevcut durumunu ve

performansını doğru bir şekilde yansıtabilir. Deprem zarar azaltma süreçlerinde de BIM modelleri ve dijital ikizler, sismik etkiler altında binanın nasıl performans göstereceğinin simülasyonunu yapmak için kullanılmaktadır. Ayrıca, derin öğrenme (*deep learning – DL*) ve görüntü tanıma algoritmaları sayesinde, taşıyıcı sistemlerin deprem yönetmeliklerine uygunluğu ölçülebilir [3]. Bu tür özelleşmiş yapay zekâ uygulamaları, mevcut binaların hızlı değerlendirilmesinin yanı sıra erken mimari tasarım süreçlerinde de depreme dayanıklı binaların tasarımında etkin bir rol oynayabilir.

Yapı Sağlığının İzlenmesi (*Structural Health Monitoring – SHM*), bina, köprü, baraj ve tünel gibi yapıların performansının değerlendirilerek olası hasarların tespit edildiği bir diğer önemli zarar azaltma alanıdır. Yapılar, titreşim, gerilme, deformasyon, sıcaklık gibi parametreleri ölçen ve nesnelerin interneti (*Internet of Things – IoT*) entegrasyonuna sahip özel bir sensör ağıyla donatılarak, yapı bileşenlerinin sağlığı hakkında gerçek zamanlı bilgiler sağlanabilmektedir [4]. Bu veriler, yapay zekânın örüntü tanıma becerisiyle birleştiğinde, binaların zafiyet veya aşınma ve yıpranma belirtileri tespit edilebilir, zamanında onarımlarla olası mal kayıplarının önüne geçilebilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (*Geographic Information System – GIS*) ve uzaktan algılama (*remote sensing*) teknolojileriyle, deprem sonrası yer kabuğu deformasyonlarının, kentsel dokudaki hasarların ve kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi sağlanabilmektedir [5]. Derin öğrenme algoritmaları, bu jeozamsal teknolojilerle birleştirildiğinde, karmaşık veri setlerini hızlı ve etkin bir şekilde analiz ederek risk analizlerini geliştirebilir, altyapının zayıf noktalarını belirleyebilir ve yüksek riskli bölgeleri tanımlayabilir [6]. Ayrıca, bu teknolojiler, daha dirençli kentsel planlama ve arazi kullanım politikaları oluşturmak için de kullanılabilir.

Gelecek nesil zarar azaltma stratejileri, bu güçlü teknolojik araçların entegrasyonu ve kullanımı ile üst düzeye çıkacaktır. Ancak zarar azaltma afet yönetiminin yalnızca bir bölümünü oluşturur. Depremlerle mücadelede bir sonraki

adım, hazırlık evresidir.

II. Hazırlık: İleriye Görmek

Hazırlık (*preparedness*) aşamasında, tüm paydaşlar ve ilgili vatandaşların afet yönetimi planlamasında bir araya gelerek, olası bir depreme karşı tam donanımlı ve bilinçli bir şekilde hazır olmaları gerekmektedir. Acil durum senaryolarının çeşitli alternatiflerinin oluşturulması ve her paydaşın kriz anında nerede ve ne şekilde rol alacağına açıkça belirlenmiş olması büyük önem taşır.

Acil durum ve ihtiyaç malzemeleri hazırlanmalı, müdahale ve yardım planları detaylıca geliştirilmiş olmalıdır. Bu kapsamda, lojistik çözümlerinin hassasiyetle planlanması ve tüm ilgili kurum, kuruluş, personel ve vatandaşların eğitilmiş olması elzemdir. Sığınaklar ve yardımcı tesisler, kriz durumunda devreye alınmak üzere hazırlanmış olmalıdır. Erken uyarı sistemleri ile altyapı ve üstyapı sistemlerinin, olası bir felaketten, insanlardan saniyeler önce haberdar olması sağlanmalı ve kriz eylem planını bu sistemler tetiklemelidir.

Deprem sonrasında yeterli miktarda ihtiyaç malzemelerinin hızlı ve düzenli tedariki hayati öneme sahiptir. Aynı şekilde yaralı ve depremzedelerin kriz bölgesinden tahliye edilmesi, sağlık ve güvenlik hizmetleri için destek birimlerin hızla ilgili bölgelere intikal ederek düzenin tesis edilmesi gibi ihtiyaçlar önceliklidir. Bu gereksinimlerin çoğu, temelinde, Destek Vektör Makineleri (*Support Vector Machine – SVM*), karar ağaçları (*decision tree – DT*), sinir ağları, pekiştirmeli öğrenme ve optimizasyon algoritmaları gibi yapay zekâ yöntemleri ile çözülebilecek karmaşık tahliye ve lojistik problemleridir [7]. Örneğin; Japonya'da, Kyushu Üniversitesi, ulusal düzeyde uygulanabilecek AI tabanlı bir tahliye yönlendirme sistemini 2027 yılına kadar geliştirmek için çalışmalarını sürdürmektedir [8]. Yine Japonya'da Weathernews Inc. Şirketi, bir afet durumunda vatandaşları tahliye prosedürleri ve yardım malzemelerinin nerede bulunabileceği hakkında bilgilendirmek için bir sohbet botu tasarlamıştır. AI tabanlı bu sistemin, kullanıcılar tarafından sağlanan fotoğraf ve bilgiler de dahil olmak üzere sesli ve görsel verileri toplayabilme ve

analiz etme yeteneğine sahip olması ve ulusal meteorolojik afetlerinde etkin olması beklenmektedir [8].

Tüm bunlara ek olarak, sanal gerçeklik (*virtual reality – VR*) ve genişletilmiş gerçeklik (*extended reality – XR*) teknolojileri, arama kurtarma ekiplerinin eğitiminde ya da kamuoyunun deprem farkındalık eğitimlerinde kullanılabilir. Örneğin *Black Diamond VR* projemizde de yer altı kömür madeni işçilerine yönelik eğitimler kapsamında VR ortamında kurulumu öğretilen domuz damı adlı basit yapılar [9], Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri sonrasında pek çok hayat kurtarmıştır. Bu şekilde VR ve XR teknolojileri ile pek çok afet senaryosuna yönelik hızlı, akılda kalıcı ve kriz ortamlarını katılımcıların can güvenliğini gerçekte tehlikeye atmadan sanal ortamda yüksek içindelik ve gerçekçilikle simüle edebilen özelleşmiş arama kurtarma eğitimleri hazırlanabilir. Japonya'da gelecekteki deprem afetlerine odaklanan pek çok çalışmada, VR teknolojisi, afet hazırlığı eğitimlerinde aktif olarak kullanılmaktadır [10], [11]. Bu tür yaklaşımlar, depremi henüz deneyimlemeden deprem farkındalığı kazandırma ve eğitim konusunda önemli bir etki yaratabilir.

Ne var ki yapay zekâ teknolojileri, deprem senaryoları yaratmak ya da depremi 10 saniye öncesinden tespit edebilmek amacıyla kullanılabilmesine karşın, günler ya da haftalar öncesinden yüksek bir hassasiyetle deprem tahmini yapmak için kullanılamamaktadır. 2017 yılında Japonya Hükümeti tarafından düzenlenen ve deprem yönetiminde AI stratejilerini konu alan bir panelde, yapay zekânın deprem tahmininde henüz kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır [12]. Bunun nedeni olarak ise, sismoloji alanının depremin çok yaklaştığına dair gösterge kabul edilebilecek bir veri türü belirleyememiş olması gösterilmiştir. Çünkü ML algoritmalarının tahmin modeli geliştirmek için, doğru türde hassas ve güvenilir veri setiyle beslenmeleri gerekmektedir [12]. Kısacası mevcut yapay zekâ teknolojileri afet hazırlığı aşamasında her ne kadar büyük rol oynasa da deprem hâlâ meydana gelme anı öngörülemez bir doğa olayı olmaya devam etmektedir.



III. Müdahale: Kriz Anı

Üçüncü adım olan Müdahale (*response*), afet sırasında başlar. Hazırlık aşamasındaki eylem planlarından uygun olanları en kısa sürede devreye alınarak hayatta olanların sağlığının korunması, yaralılara müdahale edilmesi, güvenliğin sağlanması ve zararın en aza indirilmesi hedeflenir. Arama kurtarma, ilkyardım ve insani yardım faaliyetleri zaman kaybetmeden başlar, ilk hasar değerlendirmeleri yapılır, barınma, sağlık hizmetleri ve gıda tedariki gibi acil ihtiyaçlar giderilir ve devamlı ve etkin bir şekilde sürdürülür.

Yapay zekâ ve ilgili teknolojilerin, afet müdahalesindeki rolü her geçen gün önemini daha da artırmaktadır. Müdahale süreci, arama-kurtarma operasyonlarının planlanmasından, hasarlı binaların envanterinin oluşturulmasına, kaynakların intikal ve dağıtımından, kısa süreli konut ihtiyaçlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. Sosyal medya içeriklerinin analizi, etkilenen bölgelerin belirlenmesi, bilgisayar görüşü ile canlı haritaların oluşturulması, afet öncesi ve afet sonrası görüntü karşılaştırma ile hasar tespiti gibi bir dizi uygulama sayesinde AI teknolojileri, müdahalenin verimlilik ve hızının artırılmasına yardımcı olabilir [7].

Arama ve kurtarma operasyonlarının planlanması ve kaynakların ihtiyaç bölgelerine konuşlandırılması aşamalarında, farklı veri kaynaklarından bilgi toplayıp bu bilgileri hızlı ve etkin bir şekilde analiz eden AI sistemleri, hangi alanların en çok yardıma ihtiyaç duyduğunu belirlemeye yardımcı olabilir. Bu, kurtarma ekiplerinin doğru zamanda doğru yerde olmalarını ve en çok ihtiyaç duyulan kaynakların en etkili şekilde kullanılmasını sağlar. Bunun yanı sıra, AI kullanılarak geliştirilmiş haritalar, etkilenen bölgeleri belirlemek ve bu bölgelerde gereken yardımın ne olduğunu anlamak için son derece değerli olabilir. Örneğin; kitle kaynağı olarak kullanıcıların GIS tabanlı veri girişi yapmasına olanak sağlayan Ushahidi platformu, 2010 Haiti Depremi dahil olmak üzere bir dizi felaket durumunda etkin bir şekilde kullanılmıştır. 30 Ekim 2020 tarihli Ege Denizi Depremi'nde, Ushahidi platformunda kullanıcılar hasarlı binaları ve afet toplanma alanlarını raporlamış, kitle kaynağıyla oluşturulan bu canlı

Üçüncü adım olan Müdahale, afet sırasında başlar. Hazırlık aşamasındaki eylem planlarından uygun olanları en kısa sürede devreye alınarak hayatta olanların sağlığının korunması, yaralılara müdahale edilmesi, güvenliğin sağlanması ve zararın en aza indirilmesi hedeflenir.

harita, İzmir'deki TMMOB İl Koordinasyon Kurulu tarafından kullanılmıştır.

Arama kurtarma faaliyetlerinde de insan duyularının algılamakta yetersiz kalabileceği yaşam sinyallerini algılamak üzere, çeşitli teknolojik uygulamalar kullanılabilir. İTÜ Müzik İleri Araştırmalar Merkezi bünyesinde geliştirilen ve Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde gönüllüler ve sivil arama kurtarma ekipleri tarafından kullanılan *Enkaz Dinleme Uygulaması*, kaydedilen sesleri yükselterek geri çalma ve insan sesinin ulaşamayacağı frekans aralıklarını filtreleme özellikleriyle, profesyonel dinleme araçlarının bulunmadığı durumlarda akıllı cep telefonlarını arama kurtarma araçlarına dönüştürmüştür [13].

Web üzerinde ve sosyal medya üzerinden toplanan kullanıcı kaynaklı görüntü ve verilerin yanı sıra, uydu ve İHA görüntülerinin hızla analiz edilerek hasar değerlendirme amacıyla da DL ve görüntü tanıma gibi AI algoritmaları kullanılabilir. Bu hızlı hasar değerlendirmesi sayesinde, kaynakların ve personelin en çok ihtiyaç duyulan alanlara etkin bir şekilde tahsis edilmesi sağlanacaktır.

Özellikle sosyal medya, hızlı ve sürekli bilgi sağlama kapasitesi nedeniyle afet durumlarında birincil bir bilgi kaynağı hâline gelmiştir. Twitter gibi platformlar, deprem sırasında ve sonrasında kullanıcıların hasar durumlarını ve canlı güncellemeleri paylaşmak için aktif bir şekilde kullanılmaktadır [14]. Bu sayede, sosyal medya üzerinden yapılan analizler,





İyileştirme aşamasının odağı yalnızca kayıpların telafisi ve onarım değildir. Yaşanan felaketten öğrenilenlerle daha dirençli ve daha iyi hazırlanmış bir toplum ve kentler hedeflenmeli, gelecek afet stratejileri de bu doğrultuda güçlendirilmelidir.

depremin yerini ve etkilediği alanları hızlı bir şekilde belirlemek için de kullanılabilir. Doğal dil işleme (*natural language processing – NLP*) algoritmaları ile paylaşımları diğer algoritmalar tarafından okunabilecek veriler hâline getirilmesi, gönderilerin coğrafi konumları üzerinden haritalar çıkarılması, derin öğrenme ile sosyal medya verilerindeki desen ve eğilimlerin belirlenmesi gibi pek çok yapay zekâ yaklaşımı, afet sonrası elde edilen büyük verinin işlenmesinde aktif olarak kullanılabilir.

Büyük çaplı doğal felaketlerin ardından acil barınma ihtiyacının karşılanması büyük öneme sahiptir. Bu süreçte, karar destek sistemlerinin kullanılması hızlı ve etkin çözümler sunabilmektedir. Örneğin; İTÜ’de geliştirdiğimiz bBox, kullanıcıların lojistik ve bağlamsal parametreleri girerek konteyner tabanlı modüler yerleşimleri hızlı ve optimize bir şekilde tasarlamasına olanak sağlayan, Unity oyun motoru tabanlı bir yazılımdır [15]. Farklı tasarım alternatiflerini 3D model olarak görselleştirirken tahmini bütçe ve metraj bilgilerinin çıktısını sunar. Hızlı bir şekilde mimar ve mühendis gibi yapı müelliflerinin bulunması genellikle mümkün olmayan büyük felaketlerin ardından, bBox gibi prosedürel oluşturma araçları, yerel otoriteler ve AFAD gibi kuruluşlar tarafından etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu araçlar, belirli bir arazide, verilen nüfusa uygun sayıda konutu, belli bir bütçe dahilinde, mevcut prefabrikte yerleşim birimlerini kullanarak hızlıca planlamayı sağlar. Bu tür hesaplamalı tasarım araçları, en iyi arazi kullanımını sağlama, temel konfor ve altyapı bağlantısını kontrol etme gibi özellikleriyle sadece hızlı barınma çözümleri sunmakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir bir acil barınma yerleşimi tasarımı sunar.

IV. İyileştirme: Molozlardan Tekrar Yükselmek

Afet ve müdahalenin ardından, İyileştirme (*recovery*) adımı da afet sonrası toparlanma ve normale dönüş süreçleri başlar. Ayrıntılı hasar değerlendirmesi yapılarak kayıpların bilanço-

su çıkarılır. Enkazlar kaldırılır, gerekli altyapı ve binalar planlamaya alınarak yeniden inşa edilir. İyileştirme aşamasının odağı yalnızca kayıpların telafisi ve onarım değildir. Yaşanan felaketten öğrenilenlerle daha dirençli ve daha iyi hazırlanmış bir toplum ve kentler hedeflenmeli, gelecek afet stratejileri de bu doğrultuda güçlendirilmelidir. Genellikle uzun bir süre alan iyileştirme sürecini hızlandırmak ve daha iyi yönetmek için yapay zekâ teknolojilerinden faydalanılabilir. AI, afetin etkisinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, iyileştirme planlarının geliştirilmesi ve iyileştirme sürecinin izlenmesi gibi uygulama alanlarında araç olarak kullanılabilir.

Afetten kaynaklanan zararın hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesi, hızlı bir iyileştirme için kritiktir. Bu değerlendirmeyi hızlandırmak için uydu ve hava fotoğrafları, sosyal medya görüntüleri ve sensör ölçüm verileri kullanılabilir. Yapı sağlığını izleme yaklaşımları, GIS, uzaktan algılama gibi teknolojiler ile DL ve görüntü tanıma gibi çeşitli AI algoritmaları, bu değerlendirme ve analizlerde yardımcı olacaktır.

Afet sonrası fiziksel hasarın yanı sıra, psikolojik stres ve ekonomik bozulmalar da meydana gelmektedir. İyileştirme süreci sırasında, topluluğun bir afetten ne kadar iyi toparlandığını ölçmek ve izlemek için metriklere ve araçlara ihtiyaç vardır. Bölge yoğunluklarının ve gece ışık verilerinin görüntü işleme algoritmalarıyla tespit edilmesi, sosyal medya verileri üzerinden NLP algoritmaları ve duygusal analiz gibi yaklaşımlarla afetin sosyal etkilerinin ve insanların genel duygu durumunun ölçülmesi gibi yapay zekâ tabanlı çözümlerle bu süreç de desteklenebilir.

Afetin zararları doğru bir şekilde tespit edildikten sonra, afet sonrası iyileştirme planları oluşturmak önemlidir. Bu planlar, genellikle karmaşık ve zaman kısıtlı ortamlarda hızlı bir şekilde oluşturulmaktadır. Kaybedilen altyapı ve binaların yeniden inşa edilmesi sürecinde de yapay zekâ, genetik algoritmalar ve simüle edilmiş tavlama gibi tekniklerle en iyi çözümlerin en kısa sürede üretildiği optimum planlar belirlenebilir.

Teknoloji ve Yapay Zekâ: Zorluklar ve Fırsatlar

Sonuç olarak, yapay zekâ ve bilişim teknolojileri, deprem yönetimi ve afet yönetimi süreçlerinde önemli bir potansiyele sahiptir. Bu teknolojiler, afetlerin etkisini azaltmaya, hazırlık sürecini iyileştirmeye, müdahale ve kurtarma faaliyetlerini optimize etmeye ve iyileştirme sürecini hızlandırmaya yardımcı olabilir. Ancak bu teknolojilerin başarıyla kullanılması için veri kalitesi, etik standartlar, gizlilik ve güvenilirlik gibi konuların dikkate alınması ve gereken önlemlerin alınması gerekmektedir. Büyük ölçekli uygulamaların kendine özgü zorlukları olmakla birlikte, bu zorlukların sınanması aynı zamanda ileriye yönelik yenilik ve ilerleme fırsatları sunmaktadır.

Çoğu yapay zekâ ve ML uygulanmasının gücü, karmaşık ve büyük veri kümelerinden örüntüler, korelasyonlar ve anlamlı yorumlar çıkarabilme kapasitesindedir. Ancak bilgisayar biliminde “çöp girerse çöp çıkar” (*garbage in, garbage out – GIGO*) önermesinin ifade ettiği şekilde, AI modellerinin çıktılarının kalitesi, giriş verilerine ve bu verilerin doğruluğuna doğrudan bağlıdır. Özellikle de deprem yönetimi söz konusu olduğunda, sismik aktivite, jeolojik yapı, yapısal özellikler, nüfus dağılımları gibi pek çok faktörün doğru ve güvenilir verilerle beslenmesi gerekmektedir. Örneğin; eksik veya yanıltıcı veri, yanıltıcı sonuçlara yol açabilir. Bu, özellikle deprem yönetimi gibi hayati öneme sahip konularda ciddi sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, kullanılan verinin kalitesini ve güvenilirliğini sürekli olarak kontrol etmek, bu teknolojilerin başarıyla uygulanmasında kritik bir öneme sahiptir.

Kaynaklar

- [1] Rafiei, M. H., & Adeli, H. (2017). NEEWS: A novel earthquake early warning model using neural dynamic classification and neural dynamic optimization. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 100, 417–427. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.05.013>
- [2] Li, Z., Meier, M.-A., Hauksson, E., Zhan, Z., & Andrews, J. (2018). Machine Learning Seismic Wave Discrimination: Application to Earthquake Early Warning. *Geophysical Research Letters*, 45(10), 4773–4779. <https://doi.org/10.1029/2018GL077870>
- [3] Bingöl, K., Er Akan, A., Örmecioglu, H. T., & Er, A. (2020). Depreme dayanıklı mimari tasarımda yapay zeka uygulamaları: Derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemi ile düzensiz taşıyıcı sistem tespiti. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(4), 2197–2210. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.647981>
- [4] Zinno, R., Haghshenas, S. S., Guido, G., Rashvand, K., Vitale, A., & Sarhadi, A. (2022). The State of the Art of Artificial Intelligence Approaches and New Technologies in Structural Health Monitoring of Bridges. *Applied Sciences*, 13(1), 97. <https://doi.org/10.3390/app13010097>
- [5] Theilen-Willige, B., Savvaidis, P., Tziavos, I. N., & Papadopoulou, I. (2012). Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) Contribution to the Inventory of Infrastructure Susceptible to Earthquake and Flooding Hazards in North-Eastern Greece. *Geosciences*, 2(4), 203–220. <https://doi.org/10.3390/geosciences2040203>
- [6] Zhang, L., Zhang, L., & Du, B. (2016). Deep Learning for Remote Sensing Data: A Technical Tutorial on the State of the Art. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 4(2), 22–40. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2016.2540798>

lojilerin başarıyla uygulanmasında kritik bir öneme sahiptir.

Bu zorluklara ek olarak, böyle büyük kapsamlı bir gerçek dünya verisinin “genel fayda gözetilerek” toplanması sırasında, kaçınılmaz olarak çok sayıda etik ve gizlilik hususu ön plana çıkmaktadır. Örneğin; İHA ve uydu görüntüleri, afet yönetimi için paha biçilemez veri kümeleri sunarken, iyi denetlenmediğinde ya da kötüye kullanıldığında bireylerin gizliliğini ihlal edebilir. Bununla birlikte, sosyal medya gibi veri kaynaklarından elde edilen verilerin doğruluğu ve güvenilirliği de bir başka önemli sorundur. Bilgi yanıltıcı, yanlış veya kasıtlı olarak manipüle edilmiş olabilir. Bu, doğru afet yönetimine, doğru değerlendirmeye ve etkili iyileştirme planlarına engel olabilir. Dolayısıyla veri doğrulama ve doğrulama mekanizmalarının bu tür teknolojik uygulamalara entegre edilmesi gereklidir.

Bütün bu zorluklara rağmen, bu teknolojilerin afet yönetiminde sunduğu potansiyel fırsatlar, hayat kurtarıcı seviyededir. Yapay zekâ ve bilişim teknolojileri, afet yönetiminin tüm aşamalarında süreçleri hızlandırabilir, iyileştirebilir ve optimize edebilir. Felaketlerin neden olduğu yıkımı azaltmaya ve toplumların bu tür felaketlere daha dirençli hâle gelmesine yardımcı olacak bu teknolojilerin, deprem yönetimindeki rolünün daha da önem kazanması ve depremlerin yıkıcı etkilerini azaltmada kilit bir rol oynaması beklenmektedir.

Bu makaledeki bütün görseller, Midjourney ve Adobe Firefly adlı AI uygulamaları kullanılarak, Oğuz Orkun Doma tarafından türetilmiştir.

- [7] Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2020). Applications of artificial intelligence for disaster management. *Natural Hazards*, 103(3), 2631–2689. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04124-3>
- [8] UNESCO. (2021). *UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development* (S. Schneegans, T. Straza, & J. Lewis (eds.)). UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>
- [9] Doma, O. O. (2020). Sanal Gerçeklik: Sanal ve Gerçek Dünyaların Sınır Bölgesi. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 85, 24–30.
- [10] Ashcraft, B. (2021). *Japanese Earthquakes Recreated in VR Are So Very Terrifying*. Kotaku. <https://kotaku.com/japanese-earthquakes-are-terrifying-even-in-vr-1847604646>
- [11] Fukumi, O. (2021). *State-of-the-Art Disaster Preparedness Training Through VR*. Tokyo Updates - The Official Information Website of Tokyo Metropolitan Government. <https://www.tokyouupdates.metro.tokyo.lg.jp/en/post-643/>
- [12] UNESCO. (2019). *Artificial Intelligence for Sustainable Development: Challenges and Opportunities for UNESCO's Science and Engineering Programmes* (Schneegans). UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368028>
- [13] Sarier, O. (2023). *Enkaz Dinleme Uygulaması*. <https://web.itu.edu.tr/sariero/>
- [14] Sakaki, T., Okazaki, M., & Matsuo, Y. (2010). Earthquake shakes Twitter users. *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web*, 851–860. <https://doi.org/10.1145/1772690.1772777>
- [15] Şener, S. M., & Doma, O. O. (2020). bBox: Oyun Motoru Tabanlı Bir Göç ve Afet Sonrası Geçici Barınma Yerleşkesi Tasarım Aracı. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 85, 35–40.