



Yapay zekâ çağında coğrafya: Mekânsal veri, analiz ve disipliner dönüşüm

Geography in the age of artificial intelligence: Spatial data, analysis, and disciplinary transformation

Mazlum Ar^a * 

^a Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya, Kırşehir, Türkiye.

ORCID: M.A. 0000-0003-3937-1637

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 18.03.2026
Kabul/Accepted: 01.06.2026

Anahtar Kelimeler:

Coğrafya
Coğrafi Yapay Zekâ (GeoAI)
Mekânsal bilgi üretimi
Yapay Zeka (YZ)

Keywords:

Geography
Geographical artificial intelligence (GeoAI)
Spatial knowledge production
Artificial intelligence

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(M. Ar) mazlum.ar@ahievran.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.1912647



Atıf/Citation: Ar, M., (2026). Yapay zekâ çağında coğrafya: Mekânsal veri, analiz ve disipliner dönüşüm. *Türk Coğrafya Dergisi*, (89), 219-232.

<https://doi.org/10.17211/tcd.1912647>

ÖZ / ABSTRACT

Bu çalışma, yapay zekâ (YZ) ile coğrafya arasındaki çok boyutlu ilişkiyi disiplinin tarihsel gelişimi, güncel uygulama alanları, epistemolojik dönüşümleri ve etik sonuçları çerçevesinde bütüncül bir perspektifle incelemektedir. Son yıllarda makine öğrenmesi, derin öğrenme ve büyük veri analitiği gibi teknolojik gelişmeler, coğrafi bilgi üretimi ve mekânsal analiz süreçlerini köklü biçimde dönüştürmüştür. Bu dönüşüm coğrafya ve alt araştırma alanlarında yeni araştırma olanaklarını ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte YZ'nin coğrafyaya entegrasyonu yalnızca metodolojik bir yenilik değil, daha ziyade coğrafi bilginin üretim biçimlerini, bilgi üretimindeki aktörleri ve disiplinin ontolojik temellerini yeniden düşünmeyi gerektiren bir dönüşümü ifade etmektedir. Bu araştırma, GeoAI kavramını disiplinlerarası bir çerçevede ele alarak YZ'nin coğrafyada ortaya çıkardığı epistemolojik ve ontolojik değişimleri posthumanist coğrafya tartışmaları bağlamında değerlendirmektedir. Ayrıca algoritmik önyargı, veri gizliliği, dijital bölünme ve derin sahte coğrafya gibi etik sorunları analiz ederek YZ temelli mekânsal bilgi üretiminin sonuçlarını tartışmaktadır. Çalışma, YZ çağında coğrafyanın rolünün yalnızca veri işleyen bir disiplin olmaktan çıkarak mekânsal bilginin bağlamsal yorumunu sağlayan ve politika üretim süreçlerine katkı sunan kritik bir alan olarak yeniden konumlandığını ileri sürmektedir.

This study examines the multidimensional relationship between artificial intelligence (AI) and geography from a holistic perspective, framed by the discipline's historical development, contemporary application areas, epistemological transformations, and ethical implications. In recent years, technological advancements such as machine learning, deep learning, and big data analytics have fundamentally transformed the processes of geographical knowledge production and spatial analysis. This transformation has unveiled novel research opportunities across geography and its sub-disciplines. Nevertheless, the integration of AI into geography transcends mere methodological innovation; rather, it signifies a paradigm shift that necessitates a critical rethinking of the modes of geographical knowledge production, the actors involved therein, and the ontological foundations of discipline. By examining the concept of Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) within an interdisciplinary framework, this research evaluates the epistemological and ontological shifts precipitated by AI in geography, contextualized within posthumanist geography debates. Furthermore, it scrutinizes the ramifications of AI-driven spatial knowledge production by analyzing ethical concerns such as algorithmic bias, data privacy, the digital divide, and deepfake geography. Ultimately, the study posits that in the era of AI, geography is being repositioned, evolving from a discipline that merely processes data into a critical domain that offers contextual interpretations of spatial information and actively contributes to policymaking processes.

Extended Abstract

Introduction

Artificial Intelligence (AI) is fundamentally reshaping the conceptual frameworks, research practices, and epistemological foundations of scientific disciplines as one of the most transformative technologies of the twenty-first century (Russell & Norvig, 2021; Brynjolfsson & McAfee, 2017; Floridi et al., 2018). Throughout human history, every major technological leap—from the invention of language to the digital revolution—has transformed how we produce, interpret, and utilize knowledge (Castells, 2010; Hilbert & López, 2011). Today, the newest link in this historical chain of transformation is AI, defined by its algorithmic complexity and deep learning capabilities. Beyond being a mere tool, AI emerges as a powerful agent that reshapes social practices, spatial experiences, and the very nature of knowledge itself (Crawford, 2021). Geography, a discipline centered on the intricate interaction between humans and their environment, stands at the heart of this profound shift. The intersection of AI and geography represents a pivotal turning point with the potential to affect all practical, technical, and philosophical aspects of the field. Traditionally, geography has sought to understand the physical and human processes of the Earth and their spatial patterns. However, the rise of Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) has introduced unprecedented opportunities to analyze complex systems that were previously difficult to address with traditional quantitative or qualitative methods (Li et al., 2023; Janowicz et al., 2020). By integrating geography and Geographic Information Science (GIScience) with AI techniques, researchers can now process massive datasets—from satellite imagery to real-time IoT sensors—to uncover hidden spatial dynamics (Zhang et al., 2020). Despite these advancements, the integration of AI into geography is not without its challenges. The discipline faces significant dilemmas regarding algorithmic bias, the risk of deepening spatial injustices, and urgent concerns over data privacy within a growing "surveillance society" (Zuboff, 2019; Kitchin, 2017). Furthermore, the role of the geographer is being redefined as AI systems begin to discover patterns and generate hypotheses autonomously, leading to what some describe as "situated algorithmic knowledge" (Kitchin, 2014). This article aims to provide a holistic and critical analysis of this relationship, tracing its evolution from early computational experiments in the 1980s (Smith, 1984; Couclelis, 1986) to the modern era of "Intelligent Geography" (Batty, 2018; Su et al., 2025). By examining both the technical possibilities and the ethical-ontological transformations, this study seeks to outline a roadmap for a geography that is technologically advanced yet ethically grounded.

Conclusion

In conclusion, the integration of AI into geography marks a profound paradigm shift that transcends mere technical enhancement or the adoption of more powerful software. As this analysis has demonstrated, the emergence of GeoAI represents a fundamental re-evaluation of how spatial knowledge is constructed and utilized. The transition from traditional GIS to "Intelligent Geography" signifies a move toward systems that not only store and display data but also perceive, learn, and adapt to the environment in a dynamic cycle (Su et al., 2025). This evolution allows for more accurate

urban simulations, better disaster management, and a deeper understanding of human mobility and emotional responses to "place" (Wang et al., 2024; Kang et al., 2019). However, the future of geography in the age of AI depends heavily on addressing the ethical and epistemological crises identified throughout this study. The power of AI to model the world also includes the power to distort it; "Deepfake Geography" and algorithmic biases pose real threats to the integrity of geographic information and social equity (Zhao et al., 2021). Therefore, it is imperative for the discipline to maintain a critical distance and adopt a "reactive policy perspective" that ensures technological progress is aligned with the goals of spatial justice and human rights. The risk of "data colonialism," where the benefits of AI are concentrated in the Global North while the Global South is reduced to a source of data labor, must be actively contested (Crawford, 2021). Looking forward, geography must rediscover itself by emphasizing the irreplaceable value of "field experience" and "spatial freedom." While AI can provide high-fidelity simulations of the world, it cannot replace the physical reality of lived experience or the subjective nuances of human-environment interaction. The discipline is entering a "post humanist" era where space is co-produced by both human subjects and non-human algorithmic actors (Lin & Zhao 2025). In this context, the role of the geographer shifts from being the sole producer of knowledge to a critical mediator between human experience and algorithmic power. Ultimately, if managed with ethical responsibility and a commitment to critical awareness, the collaboration between AI and geography offers a path toward a more sustainable and equitable understanding of our planet. The successful future of discipline lies in leveraging the predictive power of AI to solve global challenges—such as climate change, pandemics, and rapid urbanization—while remaining steadfast in protecting the human and democratic values that define the core of geographical inquiry. The age of AI does not herald the end of geography; rather, it invites a more complex, dynamic, and critically engaged form of discipline.

1. Giriş

Yapay zekâ (YZ), yirmi birinci yüzyılın en dönüştürücü teknolojilerinden biri olarak, bilimsel disiplinlerin kavramsal çerçevelerini, araştırma pratiklerini ve epistemolojik temellerini köklü bir şekilde yeniden şekillendirmektedir (Russell & Norvig, 2021; Brynjolfsson & McAfee, 2017; Floridi vd., 2018). İnsanlık tarihi boyunca dilin icadından matbaanın yaygınlaşmasına, bilimsel devrimlerden dijital teknolojilerin hayatın her alanına nüfuz etmesine kadar her büyük teknolojik sıçrama, bilgiyi üretme, yorumlama ve kullanma biçimlerimizi dönüştürmüştür (Castells, 2010; Hilbert & López, 2011). Günümüzde ise bu tarihsel dönüşüm zincirinin en yeni halkasını, algoritmalar ve derin öğrenme yetenekleriyle tanımlanan YZ oluşturmaktadır. YZ, yalnızca bir araç olmanın ötesinde, toplumsal pratikleri, mekânsal deneyimleri ve hatta bilginin kendisini yeniden şekillendiren güçlü bir aktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Crawford, 2021; Floridi vd., 2018). Bu dönüşümün en kritik gözlem alanlarından biri de doğası gereği insan-çevre etkileşimini merkezine alan coğrafya disiplini.

Coğrafya, yeryüzünün fiziksel ve beşerî süreçlerini, bunların mekânsal örüntülerini ve karşılıklı etkileşimlerini inceleyen kadim bir disiplindir. Helen Couclelis'in 1986'da dile getirdiği gibi, "Coğrafyanın, çalışmalarımızın pratik, teknik, metodolojik,

teorik ve felsefi tüm yönlerini önemli ölçüde etkileme potansiyeline sahip bir gelişmeye tanıklık etmesi sık rastlanan bir durum değildir." YZ ve coğrafyanın kesişimi, işte böyle bir dönüm noktasını temsil etmektedir. YZ'nin mekânsal analiz, büyük veri işleme ve öngörü modelleme kapasitesi, coğrafyacıların geleneksel yöntemlerle ele almakta zorlandığı karmaşık insan-çevre sistemlerini anlamaları için benzeri görülmemiş fırsatlar sunmaktadır (Ar, 2025; Janowicz vd., 2020; Li vd., 2023; Zhang vd., 2020; Su vd., 2025). Uzaktan algılamadan kentsel planlamaya, sağlık coğrafyasından kültürel peyzaj analizine kadar pek çok alt disiplin, YZ teknikleri sayesinde hem yöntemsel hem de kavramsal bir dönüşüm yaşamaktadır (Batty, 2018). Ancak bu teknolojik ilerleme, beraberinde ciddi soru işaretlerini de beraberinde getirmektedir. YZ sistemlerinin eğitildikleri verilerdeki önyargıları öğrenip pekiştirme riski, mekânsal adaletsizliklerin yeniden üretilmesine yol açabilmektedir (O'Neil, 2016; Buolamwini & Gebru, 2018). Bireylerin konum verilerinin izinsiz toplanması ve işlenmesi, gözetim toplumunun yeni boyutlarını gündeme getirmektedir (Zuboff, 2019; Kitchin, 2014; Ogunkolu vd., 2025; Gendron vd., 2022). Dijital bölünme, YZ teknolojilerinin faydalarının küresel ölçekte eşitsiz dağılımına neden olurken, "derin sahte coğrafya" gibi yeni olgular, coğrafi verilerin manipülasyonu yoluyla dezenformasyon tehdidini artırmaktadır (Graham, 2011; Zhao vd., 2021). Dahası, YZ'nin artan etkisi ve pratik boyutu, geleneksel insan-merkezci coğrafya anlayışını sorgulamaya açmakta ve insan ile insan-ötesi aktörler arasındaki sınırların yeniden düşünülmesini zorunlu kılmaktadır (Latour, 2005; Braidotti, 2013; Hayles, 1999; Jiang vd., 2023). Bu çok boyutlu sorunlar, YZ ve coğrafya ilişkisinin yalnızca teknik bir mesele olmadığını, aynı zamanda derin etik, epistemolojik ve politik boyutları olduğunu göstermektedir.

Mevcut literatür, YZ'nin coğrafyadaki uygulamalarını genellikle belirli alt disiplinler veya teknik yenilikler bağlamında ele almakta, ancak bu dönüşümün bütüncül bir analizini sunma konusunda sınırlı kalmaktadır (Goodchild, 2018; Janowicz vd., 2020). An ve arkadaşları (2026) 400.000'e yakın coğrafya yayını kapsayan büyük ölçekli incelemelerinde, YZ araştırmalarının özellikle uzaktan algılama, kentsel coğrafya ve ulaşım coğrafyası gibi alanlarda yoğunlaştığını, ancak kültürel ve siyasi coğrafya gibi geleneksel olarak nitel yöntemlerin ağırlıklı olduğu alanlarda henüz emekleme aşamasında olduğunu ortaya koymaktadır. Wang ve arkadaşları (2024) ise beşerî coğrafyanın çeşitli alt dallarındaki GeoAI uygulamalarını sistematik olarak incelemekle birlikte, bu teknolojilerin epistemolojik ve etik sonuçlarını derinlemesine tartışmamaktadır. Öte yandan, Ogunkolu ve arkadaşları (2025) ile Gendron ve arkadaşları (2022) gibi çalışmalar, YZ'nin etik boyutlarına odaklanmakta, ancak bu tartışmaları coğrafyanın teknik uygulamalarıyla bütünleştirme konusunda sınırlı kalmaktadır. Literatürdeki bu parçalı yapı, YZ ve coğrafya ilişkisini anlamaya yönelik bütüncül bir çerçevenin eksikliği gözler önüne sermektedir (Graham & Shelton, 2013). Bu eksiklik, özellikle YZ'nin coğrafi bilgi üretimindeki faaliyetini, insan-ötesi aktörlerle ilişkisini ve beraberinde getirdiği etik sorumlulukları anlamak için disiplinler arası ve kapsayıcı bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Bu makale, işte bu literatür boşluğunu doldurmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın temel amacı, YZ ile coğrafya arasındaki çok boyutlu ilişkiyi, disiplinin tarihsel gelişiminden güncel uygulamalara, epistemolojik dönüşümlerden etik tartışmalara kadar uzanan geniş bir

çerçevede bütüncül olarak incelemektir. Bu doğrultuda çalışma üç somut katkı sunmaktadır. İlk olarak, coğrafyanın farklı alt disiplinlerinde geliştirilen YZ uygulamaları belirli tematik kategoriler altında (örneğin kentsel analiz, çevresel modelleme, sağlık coğrafyası ve uzaktan algılama) sistematik biçimde sınıflandırılmış ve karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu sayede, dağınık durumdaki literatür bütüncül bir çerçevede yeniden organize edilerek disiplinler arası bir sentez ortaya konulmuştur. İkinci olarak, yapay zekânın coğrafi bilgi üretimindeki rolü "araç" olmanın ötesinde, veri üretimi, model kurma ve karar destek süreçlerine aktif biçimde katılan bir bileşen olarak kavramsallaştırılmıştır. Bu yaklaşım doğrultusunda, coğrafyada bilgi üretim süreçlerinin insan-merkezli yapıdan insan-YZ etkileşimine dayalı hibrit bir modele evrildiği gösterilerek, bu dönüşümün epistemolojik ve ontolojik sonuçları belirli kavramsal tartışmalar üzerinden somutlaştırılmıştır. Üçüncü olarak, Coğrafi YZ uygulamalarının etik boyutları; algoritmik önyargı, veri temsiliyeti, gizlilik, dijital eşitsizlik ve hesap verebilirlik başlıkları altında analitik bir çerçevede değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, mevcut uygulamaların potansiyel risk alanları sistematik biçimde ortaya konulmuş ve bu risklerin sonuçlarına yönelik ilkesel bir değerlendirme zemini geliştirilmiştir.

Bu temel hedefleri gerçekleştirmek amacıyla araştırma YZ ve coğrafya etkileşimine ilişkin literatürü bütüncül bir çerçevede değerlendirmek amacıyla yapılandırılmış anlatı temelli sistematik derleme yaklaşımına dayandırılmıştır. Bu hususta literatür taraması Scopus, Web of Science ve Google Scholar veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir. Özellikle Coğrafi Bilimi (GIScience), GeoAI, mekânsal veri bilimi ve YZ uygulamaları alanındaki çalışmalar dikkate alınmıştır. Tarama sürecinde "GeoAI", "artificial intelligence and geography", "spatial machine learning", "deep learning remote sensing", "algorithmic geography", "posthuman geography" ve "spatial data science" anahtar kavramları kullanılmıştır. Ayrıca literatür taraması 1980–2026 yılları arasını kapsamaktadır. Bu dönem seçimi, GeoAI'nin kavramsal temellerinin ortaya çıkışından güncel derin öğrenme ve büyük veri odaklı dönüşümlere kadar uzanan gelişim çizgisini bütüncül olarak analiz etmeyi mümkün kılmaktadır. Çalışmaya dahil edilen kaynaklar; (a) doğrudan GeoAI, YZ ve coğrafya ilişkisini ele alan, (b) mekânsal veri analitiği ve coğrafi modelleme üzerine kuramsal ya da uygulamalı katkı sunan ve (c) etik, epistemolojik veya ontolojik boyutları tartışan akademik çalışmalarla sınırlandırılmıştır.

Çalışmanın sistematik kurgusuna uygun olarak makale sekiz tematik başlık üzerinden organize edilmiştir. Giriş takip eden ikinci bölüm, YZ ve coğrafyanın kısa tarihine odaklanarak, 1980'lerden günümüze uzanan öncü çalışmaları ve kavramsal dönüşümleri ele almaktadır. Üçüncü bölüm, Coğrafi YZ (GeoAI) kavramını, sembolik ve alt-sembolik yaklaşımlar ile "Akıllı Coğrafya" çerçevesinde konumlandırarak, teknolojik temellerini ve temel bileşenlerini tartışmaktadır. Dördüncü bölüm, coğrafyanın kentsel planlamadan sağlık coğrafyasına kadar uzanan çeşitli alt disiplinlerindeki YZ uygulamalarını kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Beşinci bölüm, YZ'nin coğrafyada yol açtığı epistemolojik ve ontolojik dönüşümleri, yeni bir bilgi üretim öznesi olarak YZ, posthümanist coğrafya, insan-YZ iş birliği ve karmaşık sistemlerin simülasyonu bağlamında tartışmaktadır. Altıncı bölüm, GeoAI'nin etik boyutlarına odaklanarak algoritmik önyargı, veri gizliliği, dijital bölünme, veri sömürgeciliği, derin sahte coğrafya ve hesap verebilirlik gibi konuları ele almaktadır. Yedinci bölüm, gelecek

perspektifinde coğrafyanın YZ çağında yeniden keşfine ve bu bağlamda mekânsal özgürlük, saha deneyimi ve reaktif politika perspektifine odaklanmaktadır. Sekizinci ve son bölüm ise, çalışmanın genel bulgularını bütüncül bir çerçevede değerlendirerek sentezlemekte, disiplinin geleceğine ilişkin kuramsal ve uygulamalı çıkarımlar ortaya koymaktadır. Bu bölümde ayrıca, YZ ile coğrafya arasındaki etkileşimin sunduğu fırsatlar ve sınırlılıklar birlikte ele alınarak, disiplinin yeniden konumlanmasına yönelik öneriler geliştirilmektedir.

2. Yapay Zekâ ve Coğrafyanın Kısa Tarihi

Coğrafya disiplininin YZ ile olan ilişkisi, 1980'lerin ortalarına kadar uzanmaktadır (Smith, 1984; Couclelis, 1986; Openshaw, 1992; Goodchild, 1992). Bu dönemde yayınlanan öncü çalışmalar, YZ'nin coğrafi problem çözümüne olası katkılarını ve beraberinde getireceği teorik ve metodolojik soruları tartışmaya açmıştır. Smith (1984), YZ'yi, insan zekasının doğasını anlamaya çalışan "bilişsel" yaklaşım ve akıl yürütme gerektiren görevleri yerine getirebilen makineler yaratmayı hedefleyen "mühendislik" yaklaşımı olarak ikiye ayırmıştır. Smith, özellikle mühendislik yaklaşımının, coğrafyacıların geleneksel istatistiksel yöntemlerin ötesine geçerek daha yaratıcı düşüncelerine olanak sağlayabileceğini öngörmüştür. Bu görüşü daha da ileriye taşıyan Stan Openshaw (1992), coğrafyadaki bir sonraki hesaplamalı devrimin itici gücünün istatistik veya matematiksel modelleme değil, YZ olacağını iddia ederek dikkate değer bir öngöründe bulunmuştur (Mai vd., 2025). Helen Couclelis (1986) ise Smith'in bu ayrımını benimseyerek, mühendislik temelli YZ'nin (örneğin uzman sistemler) pratik başarısını kabul ederken, "bilişsel" YZ'nin altında yatan "insan-bilgisayar" metaforuna ve bu yaklaşımın teorik yoksunluğuna dair şüphelerini dile getirmiştir. Ancak Couclelis'in asıl önemi, YZ'nin ardındaki biçimsel mantığı ve ayrık yapılar hiyerarşisini ortaya koyarak, YZ'nin rastgele bir programlama tekniği yığını olmadığını, güçlü bir teorik temele dayandığını göstermesidir. Ona göre, bu biçimsel temel, coğrafyada hem teorik hem de uygulamalı araştırmaları destekleme potansiyeline sahiptir. Openshaw ve Openshaw (1997) tarafından yazılan "Coğrafyada Yapay Zekâ" (Artificial Intelligence in Geography) kitabı ise bu erken dönem çalışmaları sentezleyerek, YZ'nin mekânsal örüntü keşfi ve modellemedeki potansiyelini sistematik bir şekilde ortaya koymuş ve GeoAI'nin kavramsal temellerini atmıştır (Mai vd., 2025). 1980'ler ve 1990'lardaki bu teorik ve deneysel çalışmaların ardından, 2000'li yıllarla birlikte YZ teknolojilerinde yaşanan büyük sıçrama, coğrafya araştırmalarını da derinden etkilemiştir (Russell & Norvig, 2021; Batty, 2018). Büyük verinin artışı, grafik işlem birimleri (GPU'lar) gibi gelişmiş donanımların ortaya çıkışı ve özellikle 2010 sonrası derin öğrenme algoritmalarındaki (LeCun vd., 2015) devrim, coğrafi YZ'nin (GeoAI) bağımsız ve hızla büyüyen bir araştırma alanı olarak doğuşunu hızlandırmıştır (Janowicz vd., 2020; Goodchild, 2018). Artık GeoAI, yalnızca coğrafi problemlere YZ uygulamak değil, aynı zamanda mekânsal bağımlılık ve heterojenlik gibi coğrafyanın temel ilkelerini YZ modellerinin içine pişirmek anlamına gelmektedir (Janowicz vd., 2020; Li vd., 2023; Zhang vd., 2020). Bu yeni nesil yaklaşım, coğrafi bilgi keşfi ve karmaşık insan-çevre etkileşimlerinin anlaşılmasında çığır açıcı gelişmelere yol açmıştır.

3. Coğrafi Yapay Zekâ (GeoAI): Kuramsal Çerçeve ve Temel Bileşenler

YZ ve coğrafya arasındaki ilişkinin giderek derinleşmesi, bu iki alanın kesişiminde yeni bir araştırma paradigmasının doğuşuna yol açmıştır: Coğrafi YZ veya yaygın bilinen adıyla GeoAI. En temel tanımıyla GeoAI, coğrafya ve mekânsal bilgi biliminin YZ teknikleriyle entegrasyonu olarak ifade edilebilir (Janowicz vd., 2020). Ancak bu basit tanım, alanın gerçek kapsamını ve karmaşıklığını yansıtmaktan uzaktır. Daha kapsamlı bir bakışla GeoAI, mekânsal verilerin analizi, yorumlanması ve modellenmesi için makine öğrenimi, derin öğrenme, doğal dil işleme, bilgisayarlı görü ve bilgi temsili gibi çeşitli YZ tekniklerinin geliştirildiği ve uygulandığı disiplinler arası bir araştırma alanıdır (Mai vd., 2025; Zhang vd., 2020; Janowicz vd., 2020). GeoAI'nin temel amacı, insan algısını, mekânsal akıl yürütmeyi ve coğrafi fenomenlerden anlam çıkarma yeteneğini taklit eden, hatta bu yeteneklerin ötesine geçen akıllı bilgisayar programları geliştirmektir (Janowicz vd., 2020).

GeoAI'nin ortaya çıkışı ve hızla yükselişi, 1980'lerdeki öncü çalışmalara dayanan uzun bir geçmişin ürünüdür (Couclelis, 1986; Smith, 1984; Openshaw & Openshaw, 1997). Bu erken dönem çalışmalar, YZ'nin coğrafi problem çözümündeki potansiyeline işaret etmiş olsa da dönemin teknolojik kısıtları nedeniyle sınırlı kalmıştır. GeoAI'nin bugünkü anlamıyla bir araştırma alanı olarak somutlaşması, 2010 sonrasında büyük verinin patlaması, hesaplama gücündeki muazzam artış ve özellikle derin öğrenme algoritmalarındaki devrimle mümkün olmuştur (LeCun vd., 2015; An vd., 2026; Russell & Norvig, 2021). Janowicz ve arkadaşlarının (2020) vurguladığı gibi, GeoAI'nin bu denli başarılı olmasının ardında yalnızca teknik gelişmeler değil, aynı zamanda "yeni bir veri yaratma ve paylaşma kültürü" de yatmaktadır. Verinin daha erişilebilir hale gelmesi ve yeniden kullanılabilmesi, GeoAI modellerinin eğitileceği zengin veri kümelerinin oluşmasını sağlamıştır.

GeoAI araştırmaları iki ana paradigma etrafında sınıflandırılabilir: sembolik GeoAI ve alt-sembolik (bağlantıcı) GeoAI (Mai vd., 2022; Russell & Norvig, 2021). Bu ayrım, YZ'nin kendi içindeki temel paradigma farklılığına dayanır ve GeoAI'nin iki farklı epistemolojik kökenini temsil eder. Sembolik GeoAI, klasik mantık ve insan tarafından okunabilir sembolik bilgi temsillerine dayanır. Bu yaklaşım, coğrafi bilginin ontolojiler, bilgi grafları ve anlamsal web teknolojileri aracılığıyla yapılandırılmış bir şekilde temsil edilmesini ve bu temsiller üzerinde mantıksal çıkarımlar yapılmasını içerir (Janowicz vd., 2022). Geo-ontoloji mühendisliği (Battle & Kolas, 2012), mekânsal akıl yürütme (Egenhofer, 1989) ve coğrafi bilgi grafları (Janowicz vd., 2022; Qi vd., 2023) bu paradigmanın temel araştırma alanlarıdır. Sembolik GeoAI'nin en önemli avantajı, bilginin açık ve yorumlanabilir bir şekilde temsil edilmesini sağlamasıdır. Bu sayede, karmaşık coğrafi kavramlar ve aralarındaki ilişkiler modellenebilir ve bu modeller üzerinde mantıksal çıkarımlar yapılabilir. Alt-sembolik GeoAI ise, yapay sinir ağları gibi modeller aracılığıyla verilerdeki örüntüleri ve ilişkileri doğrudan öğrenmeye odaklanır. Bu yaklaşım, önceden tanımlanmış sembolik temsillere veya kurallara dayanmaz. Aksine, büyük miktarda veriden kendi temsillerini ve ilişkilerini öğrenir. Günümüzde GeoAI'nin en görünür ve ticari olarak başarılı uygulamaları, büyük ölçüde bu alt-sembolik paradigmaya dayanmaktadır. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) ile uydu görüntülerinden nesne tespiti (Zhao vd., 2021), tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler) ve uzun-kısa vadeli bellek (LSTM) ağları ile trafik akışı tahmini (Zheng vd., 2021) ve transformör tabanlı modeller (BERT, GPT) ile coğrafi metinlerden anlam çıkarma (Li vd., 2023), alt-

sembolik GeoAI'nin tipik örnekleridir. Bu yaklaşımın en büyük avantajı, ham veriden doğrudan öğrenme yeteneği sayesinde, geleneksel yöntemlerle keşfedilmesi mümkün olmayan karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri ortaya çıkarabilmesidir. Bu iki paradigmanın birbirini dışlamadığı, aksine birleştirilerek daha güçlü hibrit modeller geliştirilebileceği vurgulanmaktadır (Mai vd., 2025). "Sembolik ve alt-sembolik GeoAI'nin entegrasyonu" olarak adlandırılabilir bu yaklaşım, coğrafi bilgi graflarının derin öğrenme modellerine rehberlik etmesi veya derin öğrenme modellerinin öğrendiği örüntülerin sembolik kurallara dönüştürülmesi gibi çeşitli biçimlerde gerçekleştirilebilir.

Coğrafya YZ terminolojisinde "akıllı coğrafya" kavramı ise GeoAI'yi daha geniş bir disiplin çerçevesinde konumlandırmaktadır (Su vd., 2025; Batty, 2018). Bu yaklaşıma göre IG, coğrafyayı statik bir betimleme disiplini, sürekli öğrenen, geri bildirimle kendini güncelleyen ve karmaşık sistemlerde akıllı karar almaya rehberlik eden dinamik bir bilim dalına dönüştürmektedir (Batty, 2018; Goodchild & Janelle, 2004). IG, büyük veri analitiği, yüksek performanslı hesaplama (HPC) ve yapay zekâyı bir araya getiren bir üst şemsiye görevi görür. Bu çerçevede IG'nin işlevi, "algıla, tahmin et, karşılaştı, uyum sağla ve öğren" döngüsüyle tanımlanmaktadır. Nesnelerin İnterneti sensörleri, uydular ve sosyal medya gibi kaynaklardan elde edilen gerçek zamanlı coğrafi veriler (algılama), YZ modelleri tarafından işlenerek gelecekteki durumlar hakkında öngörüler üretilir (tahmin). Bu öngörüler, gerçekleşen gözlemlerle karşılaştırılarak (karşılaştırma) modellerdeki sapmalar tespit edilir ve modeller bu sapmalara göre güncellenir (uyum sağlama ve öğrenme). Bu noktada GeoAI, IG'nin bu döngüsü içinde özellikle "tahmin" ve "öğrenme" aşamalarında kritik bir rol oynar. GeoAI, mekânsal verilerdeki karmaşık örüntüleri keşfetmek, gelecekteki durumları tahmin etmek ve bu tahminler doğrultusunda karar destek mekanizmaları geliştirmek için gerekli algoritmik altyapıyı sağlar. Başka bir deyişle, IG disiplin odaklı ve bütünleştiriciyken, GeoAI daha çok teknoloji odaklıdır ve belirli coğrafi problemleri çözmek için algoritmik yeniliklere odaklanır (Su vd., 2025).

GeoAI'nin bu kadar hızlı gelişmesinin ardında yatan üç temel teknolojik itici güç bulunmaktadır (Su vd., 2025; Mai vd., 2025). Birincisi büyük veridir (Big Data). Nesnelerin İnterneti (IoT), uydu görüntüleme sistemleri (örneğin Sentinel, Landsat), sosyal medya platformları (Twitter, Flickr), mobil cihazlar ve gönüllü coğrafi bilgi (VGI) platformları (OpenStreetMap) sayesinde coğrafi verinin hacmi, hızı, çeşitliliği ve doğruluğu benzeri görülmemiş bir şekilde artmıştır (Goodchild, 2007; Kitchen, 2014; Wang vd., 2024). Bu veri bolluğu, karmaşık ve çok katmanlı YZ modellerini eğitmek için gerekli olan dürtüyü sağlamaktadır. Özellikle uydu görüntüleri ve sokak görüntüleri gibi yüksek çözünürlüklü veriler, derin öğrenme modellerinin mekânsal örüntüleri daha iyi öğrenmesine olanak tanımaktadır (An vd., 2026). İkincisi hesaplama gücüdür. Grafik işlem birimleri (GPU'lar) ve tensor işlem birimleri (TPU'lar) gibi özel donanımlar, derin sinir ağlarının eğitimi için gereken muazzam hesaplama kapasitesini sunmaktadır. Bunun yanı sıra, Google Earth Engine (GEE), Amazon Web Services (AWS) ve Microsoft Planetary Computer gibi bulut bilişim platformları, büyük coğrafi veri kümelerinin işlenmesi ve karmaşık modellerin çalıştırılması için ölçeklenebilir ve erişilebilir altyapı sağlamaktadır (Gorelick vd., 2017; Su vd., 2025). Kuantum bilişim gibi geleceğin teknolojilerinin, özellikle mekânsal

optimizasyon problemlerinde ve büyük veri şifrelemesinde GeoAI'ye yeni ufuklar açması beklenmektedir (Mai vd., 2025). Üçüncüsü algoritmik gelişmelerdir. Makine öğrenimi ve özellikle derin öğrenme alanındaki hızlı ilerlemeler, GeoAI'nin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler), görüntü işleme ve nesne tanımda devrim yaratmış ve uzaktan algılama analizinin vazgeçilmez bir aracı haline gelmiştir (Mai vd., 2025). Tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler) ve özellikle uzun-kısa vadeli bellek (LSTM) ağları, zamansal bağımlılıkları modelleme yetenekleri sayesinde trafik tahmini, iklim modelleme ve hareketlilik analizi gibi zaman serisi problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Baydemir, 2025a, 2025b; Wang vd., 2024). Grafik sinir ağları (GNN'ler), yol ağları, sosyal ağlar ve bilgi grafları gibi grafik yapıları verilerdeki ilişkileri modellemek için geliştirilmiştir (Mai vd., 2020). Son olarak, transformör tabanlı modeller (BERT, GPT serisi), doğal dil işlemede çığır açmış ve coğrafi metinlerden anlam çıkarma, toponim tanıma ve coğrafi soru cevaplama gibi görevlerde giderek daha fazla kullanılmaktadır (Devlin vd., 2019; Li vd., 2023; Zhang vd., 2023). Bu çok boyutlu ve disiplinlerarası yapısıyla GeoAI, yalnızca güçlü bir analiz aracı değil, aynı zamanda coğrafyanın temel kavramlarını, yöntemlerini ve epistemolojik varsayımlarını yeniden düşünmeye zorlayan dönüştürücü bir güç olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. Coğrafyada Yapay Zekâ Uygulamaları

YZ teknolojilerindeki hızlı ilerleme, coğrafyanın geleneksel olarak insan ve doğa arasındaki karmaşık ilişkileri inceleyen hemen her alt disiplininde devrim niteliğinde dönüşümlere yol açmıştır. An ve arkadaşları (2026), YZ uygulamalarının özellikle geleneksel olarak nitel yöntemlerin ağırlıklı olduğu beşerî coğrafyada nicel veri analizi ve büyük ölçekli sosyal dinamiklerin modellenmesinde yeni bir döneme alan açtığını ortaya koymaktadır. Janowicz'e (2020) göre YZ, özellikle "yer" kavramının temsili ve modellenmesinde devrim yaratmıştır. Sosyal medya paylaşımları, coğrafi etiketli fotoğraflar ve GPS izleri gibi büyük ölçekli gönüllü coğrafi bilgiler (VGI), insanların mekanlarla olan etkileşimini, duygularını ve deneyimlerini incelemek için zengin bir veri kaynağı sunmaktadır. Örneğin, Hu ve arkadaşları (2015), sosyal medyada paylaşılan coğrafi etiketli fotoğrafları kümeleme algoritmaları ve doğal dil işleme teknikleriyle analiz ederek, kentlerdeki ilgi alanlarını ve bu alanlara ait bölgeye özgü anlamları otomatik olarak çıkarmışlardır. Daha da ileri giden çalışmalar, insanların farklı mekanlardaki duygularını haritalandırmayı başarmıştır. Kang ve arkadaşları (2019), milyonlarca coğrafi etiketli fotoğraf üzerinde yüz tanıma ve duygu analizi tekniklerini kullanarak, mekânsal olarak gömülü duyguları ortaya çıkarmış ve bu sayede duygu coğrafyası çalışmalarına yeni bir boyut kazandırmıştır. Beşerî coğrafyada YZ'nin bir diğer önemli uygulama alanı ise mekânsal analiz ve tahminsel haritalamadır. Geleneksel istatistiksel modellerin doğrusal varsayımlarının ötesine geçen coğrafi ağırlıklı yapay sinir ağları (GWANN) (Hagenauer & Helbich, 2022) ve coğrafi sinir ağı ağırlıklı regresyon (GWNNR) (Du vd., 2020) gibi yeni nesil modeller, mekânsal değişkenliği daha iyi yakalayarak daha doğru tahminler yapılmasını sağlamaktadır.

YZ uygulamalarının beşerî coğrafya araştırmalarında en yoğun olduğu birinci ana alan kentsel coğrafyadır (An vd., 2026; Huang vd., 2025). Wang ve arkadaşlarının (2024) sistematik incelemesine göre, kentsel coğrafya çalışmalarında GeoAI, kentleşme modellerini analiz etmek, kentsel işlev bölgelerini

belirlemek ve kentsel riskleri (sel, sıcak hava dalgası) yönetmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel hücrel otomat modelleri, makine öğrenimi ve sinir ağlarıyla birleştirilerek kentsel büyümenin daha yüksek çözünürlüklü ve doğru simülasyonları yapılabilmektedir (Kafy vd., 2020; Ullah vd., 2019). Su ve arkadaşlarının (2025) "Akıllı Coğrafya" çerçevesinde vurguladığı en önemli kavramlardan biri de coğrafi dijital ikizlerdir. Dijital ikizler, fiziksel dünyadaki nesnelerin, süreçlerin ve ilişkilerin gerçek zamanlı verilerle senkronize olan sanal kopyalarıdır. Kent ölçeğinde düşünüldüğünde, bir kentin dijital ikizi; binaların, altyapının, trafik akışının, hava kalitesinin ve hatta insan hareketliliğinin sanal bir temsiliyi oluşturarak, kent plancılarının farklı senaryoları (örneğin yeni bir toplu taşıma hattının etkisi, bir sel felaketinde hangi bölgelerin tahliye edilmesi gerektiği) güvenli ve düşük maliyetli bir ortamda simüle etmelerine olanak tanır (Döllner, 2020). Bu sayede, kentsel planlama daha veri odaklı, öngörücü ve katılımcı bir süreç dönüşmektedir. Ayrıca, sokak görüntülerinden mahallelerin oynanabilirliği (Kruse vd., 2021) veya yoksulluk durumu (Fan vd., 2023) gibi soyut kavramların çıkarılması, kentsel yaşam kalitesinin anlaşılmasında yeni ufuklar açmıştır. YZ uygulamalarının beşerî coğrafya araştırmalarındaki ikincil olarak yoğunlaştığı alan ise ulaşım coğrafyası araştırmalarıdır. Ulaşım coğrafyasında GeoAI uygulamaları bisiklet paylaşım sistemleri, yolcu taşımacılığı hizmetleri, trafik tahmini, kaza tahmini ve hareketlilik örüntüsü tanıma gibi geniş bir yelpazeye yayılmaktadır (Wang vd., 2024). Grafik sinir ağları (GNN'ler) ve tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler), trafik akışındaki karmaşık zamansal ve mekânsal bağımlılıkları modellemek için özellikle başarılı olmuştur (Zhang vd., 2020; Zheng vd., 2021). Akıllı şehir uygulamaları kapsamında, YZ destekli trafik yönetim sistemleri, gerçek zamanlı verileri analiz ederek trafik ışıklarının sürelerini dinamik olarak ayarlamakta, böylece tıkanıklığı azaltmakta ve emisyonları düşürmektedir (Yang vd., 2022). Uber, Lyft veya DiDi gibi platformlar, YZ modellerini kullanarak sürücü ve yolcu eşleştirmesini optimize etmekte, bekleme sürelerini azaltmakta ve boş gezinti mesafesini kısaltmaktadır (Wang vd., 2024). Bu uygulamalar, yalnızca ulaşım verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda kent sakinlerinin günlük hareketlilik deneyimlerini de kökten değiştirmektedir. Dolayısıyla algoritmalar artık sadece birer araç değil, kentsel akışkanlığı, düzeni ve hatta gündelik yaşamın ritmini yeniden tanımlayan aktif katılımcılar haline gelmiştir (Lundman ve Nordström, 2023).

YZ uygulamalarının beşerî coğrafyada üçüncü derecede yoğun olarak kullanıldığı alan ise sağlık coğrafyası araştırmalarına yöneliktir. Özellikle COVID-19 pandemisi sağlık coğrafyası incelemelerine dair YZ uygulamalarının öneminin daha da belirginleşmesine olanak tanımıştır. Bu noktada An ve arkadaşlarının (2026) verileri, sağlık coğrafyasındaki YZ yayınlarının 2020-2021 yılları arasında keskin bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. GeoAI'nin bulaşıcı hastalıkların yayılımını tahmin etmek, sosyal medya verilerini analiz ederek halk sağlığı eğilimlerini izlemek, yapısal çevrenin sağlık üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve çevresel epidemiyoloji çalışmalarını geliştirmek için kullanılması bu araştırmaların öncül merceğini oluşturmaktadır (Wang vd., 2024). Mobil telefon konum verilerinin kullanılarak COVID-19 enfeksiyon oranları ile seyahat ve evde kalma politikaları arasındaki ilişkinin incelenmesi (Janowicz vd., 2020), şehir karantinalarının virüs yayılımını kontrol etmedeki etkinliğinin

derin öğrenme ve ağ bilimi modelleriyle değerlendirilmesi (Zhang vd., 2020), sokak görüntülerinden yürünebilirlik veya yeşil alanlara erişim gibi yapısal çevre özelliklerini çıkaran YZ modelleri ve bu faktörlerin obezite, ruh sağlığı veya kardiyovasküler hastalıklar gibi sağlık çıktılarıyla ilişkisini inceleyen çalışmalar (Larkin & Hystad, 2019) sağlık coğrafyası analizlerinin güncel yönelimleri arasında yer almaktadır. YZ destekli bu değerlendirmeler ile sağlık eşitsizliklerinin mekânsal boyutları daha iyi anlaşılmasına ve kanıta dayalı halk sağlığı politikalarının geliştirilmesine katkıda bulunularak uygulamalı coğrafi perspektifin kapsamı genişletilmektedir.

YZ uygulamalarının sağlık coğrafyasından sonra özellikle ekonomik coğrafyada bölgesel kalkınma, yenilikçilik ve teknoloji uzmanlaşması gibi konuların incelenmesinde giderek daha fazla kullanıldığı ifade edilebilir. Avrupa'daki bölgelerin (NUTS-3 düzeyinde) YZ bilgi birikimi ile çevre teknolojilerinde (yeşil teknolojiler) uzmanlaşma kapasitesi arasındaki ilişkiyi incelenmesi (Cicerone vd., 2023) YZ'nin ekonomik coğrafya araştırmalarındaki öncül inceleme alanını oluşturmaktadır. Bu araştırmadan hareketle ortaya çıkan çarpıcı bir bulguya göre, YZ bilgi birikimi tek başına bir bölgenin yeşil teknolojilerde uzmanlaşmasını sağlamamakta, hatta bu kapasiteyi düşürebilmektedir. Ancak, geçmişte yeşil teknolojilerde uzmanlaşmış bölgelerde YZ birikimi, bu uzmanlığın sürdürülmesinde oldukça etkili olmaktadır. Bu bulgu, teknoloji politikalarının tasarımıyla bölgelerin mevcut yetenek havuzlarının ve uzmanlık geçmişlerinin dikkate alınmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bölgesel kalkınma bağlamında YZ, bir yandan yeni endüstrilerin ve iş kollarının oluşmasına yol açarken, diğer yandan McDüie-Ra ve Gulson'ın (2020) "AI'nin arka yolları" kavramıyla işaret ettiği gibi, eşitsizlikleri derinleştirme potansiyeline de sahiptir. YZ teknolojileri, genellikle sermaye ve yetenek açısından zengin merkezlerde (küresel Kuzey ve Doğu Asya teknoloji merkezleri) geliştirilmekte ve buradan yayılmaktadır. Bu durum, YZ'nin faydalarının eşitsiz dağılımına ve gelişmekte olan ülkelerdeki işgücü piyasalarında yıkıcı etkilere yol açabilir. Bu nedenle, YZ'nin bölgesel kalkınmadaki rolü tartışılırken, yalnızca fırsatlar değil, aynı zamanda yaratabileceği bağımlılık ve eşitsizlik riskleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Beşerî coğrafyada hareketliliğin (mobilité) disiplin içi sistematik özgünlüğü YZ uygulamalarının bu sistematik zeminin merkezinde yer alan turizm coğrafyası alanında da kullanıma imkân tanımaktadır. Keza, YZ uygulamaları sayesinde ziyaretçi davranışları, deneyimleri ve hareketlilik modelleri daha önce hiç olmadığı kadar detaylı bir şekilde analiz edilebilmektedir. Dahası turizm coğrafyasındaki GeoAI çalışmaları ile turist davranışlarını, ziyaretçi deneyimlerini anlamak, çekicilik değerlendirme ve öneri sistemleri geliştirmek ve turizmin çevresel etkilerini izlemek gibi konulara odaklanılabilmektedir (Wang vd., 2024). Bu çalışmalarda, sosyal medyadan toplanan coğrafi etiketli fotoğraflar, ilgi çekici noktalar (POI'ler), akıllı telefon sinyalleri ve çevrimiçi yorum metinleri gibi çeşitli veri kaynakları kullanılmaktadır (Zhang vd., 2019; Ghahramani vd., 2021). Geleneksel olarak nitel yöntemlerin egemen olduğu kültürel ve siyasi coğrafyada ise YZ, sunduğu yeni araçlarla önemli bir dönüşümün gerçekleşmesine imkân tanımaktadır. Kültürel coğrafyada YZ, ekosistemin kültürel hizmetlerini değerlendirmek, bir topluluktaki dilsel varyasyonların zamansal-mekânsal örüntülerini anlamak ve sosyal medya verileri aracılığıyla kültürel pratikleri ve inançları incelemek için kullanılabilmektedir (Wang vd., 2024). Örneğin, Zhang ve

arkadaşları (2020), yemek kültüründeki farklılıkları sosyal medya verilerini analiz ederek haritalandırmıştır. Lin ve Zhao'nun (2025) derlemesinde öne çıkan en önemli kavramlardan biri ise "dijital mekân duygusu"dur. Geleneksel beşerî coğrafyada "yer", insanların sosyal pratikler, kültürel inşalar ve duygusal bağlar yoluyla anlam yüklediği mekân parçası olarak tanımlanır (Ar, 2021). YZ ve dijital teknolojiler çağında ise "yer", yalnızca fiziksel dünyanın bir yansıması değil, aynı zamanda dijital içerikler tarafından üretilen, yeniden şekillendirilen ve deneyimlenen dinamik bir varlık haline gelmiştir. Sosyal medya platformları, bir şehrin imajını ve anlamını tamamen değiştirebilmekte; çevrimiçi topluluklar, fiziksel mekânla bağlantılı güçlü bir aidiyet duygusu geliştirebilmektedir. "Dijital mekân duygusu" kavramı, işte bu yeni, karmaşık ve akışkan insan-mekân ilişkisini anlamak için kritik bir çerçeve sunmaktadır. Siyasi coğrafyada ise YZ uygulamaları daha sınırlı olmakla birlikte, özellikle doğal dil işleme teknikleriyle politika metinlerinin, gazete haberlerinin ve sosyal medya söylemlerinin analizinde kullanılmaktadır (Wang vd., 2024). YZ'nin sınır yönetimi ve savaşın jeopolitiği gibi alanlarda nasıl yeni mekânsallıklar ürettiğinin analizi bu alandaki araştırmalar arasında yer almaktadır (Walker vd., 2021). Örneğin, ABD-Meksika sınırında kullanılan YZ destekli gözetim sistemleri (dronlar, sensörler, yüz tanıma), göçmen hareketliliğini öngörmeye çalışırken, aslında sınırın kendisini sürekli değişen, akışkan ve tahmin edilmesi güç bir coğrafyaya dönüştürmektedir. Bu durum, YZ'nin yalnızca mevcut siyasi coğrafyayı yansıtmadığını, aynı zamanda onu aktif bir şekilde yeniden ürettiğini de göstermektedir.

YZ uygulamalarının coğrafyanın farklı alt disiplinlerinde bu denli geniş bir kullanım alanı bulması, disiplinin analitik kapasitesini nicel açıdan önemli ölçüde genişletmektedir. Kentsel analizden sağlık coğrafyasına, ulaşım modellemeye kültürel çözümlemelere kadar uzanan bu çeşitlilik, YZ temelli

yaklaşımların daha önce erişilmesi güç olan mekânsal örüntüleri görünür kılma potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, literatürün büyük ölçüde teknik performans, model doğruluğu ve veri işleme kapasitesi gibi araçsal ölçütlere yoğunlaştığı; buna karşın bu uygulamaların kuramsal temelleri, yöntemsel sınırlılıkları ve bağlamsal geçerliliği üzerine yeterli düzeyde eleştirel bir tartışma geliştiremediği görülmektedir. Bu durum, coğrafyada YZ kullanımının giderek araçsal bir paradigma içinde konumlanmasına ve disiplinin eleştirel-yorumlayıcı geleneği ile arasındaki mesafenin açılmasına neden olmaktadır. Özellikle mekânsal bağlam, yerel özgünlük ve toplumsal farklılaşma gibi coğrafyanın kurucu unsurlarının birçok YZ temelli çalışmada indirgenmiş veri temsilleri içerisinde ele alınması, bu modellerin genellenebilirlik iddialarını problemli hale getirmekte ve üretilen bilginin epistemolojik statüsünü tartışmaya açmaktadır. Benzer biçimde, algoritmik önyargı, veri temsiliyeti ve ölçek bağımlılığı gibi yöntemsel sorunların çoğu zaman ikincil düzeyde ele alınması, YZ tabanlı mekânsal analizlerin eleştirel değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, literatürdeki parçalı ve dağınık yapıyı aşarak daha bütüncül bir analitik çerçeve geliştirme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu ihtiyaca yanıt olarak, coğrafyanın başlıca alt disiplinlerinde YZ uygulamalarının temel bileşenleri karşılaştırmalı bir perspektifle yeniden yapılandırılmıştır. Bu doğrultuda Tablo 1'de, alt disiplinler, kullanılan YZ yaklaşımları, başlıca veri türleri, sunduğu fırsatlar, barındırdığı riskler ve özellikle kuramsal ile yöntemsel düzeyde belirginleşen araştırma boşlukları sistematik ve eleştirel bir çerçevede sunulmaktadır. Bu tablo, yalnızca mevcut durumu betimlemekle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda coğrafyanın farklı alt disiplinlerinde YZ kullanımına ilişkin ortak eğilimleri, yapısal benzerlikleri ve belirgin ayrışma noktalarını görünür kılarak genel bir analitik çerçeve sunmaktadır.

Tablo 1. Coğrafyanın alt disiplinlerinde YZ uygulamaları ve kuramsal-yöntemsel boşluklar.

Table 1. Artificial intelligence applications in the sub-disciplines of geography and theoretical-methodological gaps

Alt Disiplin	Kullanılan YZ Yaklaşımı	Başlıca Veri Türleri	Fırsatlar	Riskler	Temel Araştırma Boşlukları
Uzaktan Algılama ve Fiziki Coğrafya	Evrişimsel Sinir Ağı, Derin Öğrenme, Görüntü İşleme	Uydu görüntüleri (Sentinel, Landsat), drone verileri	Yüksek çözünürlüklü analiz, hızlı sınıflandırma, afet izleme	Veri yanlışlığı, model genellenebilirliği sorunu	Yerel bağlamların modele entegrasyonu, açıklanabilirlik eksikliği
Kentsel Coğrafya	Makine öğrenmesi, dijital ikizler, simülasyon modelleri	IoT sensörleri, trafik verileri, uydu görüntüleri	Akıllı şehirler, kentsel simülasyon, risk yönetimi	Veri gözetimi, mekânsal eşitsizliklerin yeniden üretimi	Sosyal adalet boyutunun modellere entegrasyonu
Ulaşım Coğrafyası	Grafik Sinir Ağı, Tekrarlayan Sinir Ağı	GPS verileri, mobil konum verileri, ulaşım ağları	Trafik optimizasyonu, gerçek zamanlı analiz	Veri gizliliği, algoritmik kontrol	İnsan davranışı-model ilişkisi ve etik çerçeve eksikliği
Sağlık Coğrafyası	Derin öğrenme, mekânsal epidemiyoloji modelleri	Mobil veri, sağlık kayıtları, sosyal medya	Salgın tahmini, halk sağlığı politikaları	Mahremiyet ihlali, veri temsiliyeti sorunu	Nedensellik yerine korelasyona dayalı analizlerin baskınlığı
Ekonomik Coğrafya	Makine öğrenmesi, bölgesel analiz modelleri	Bölgesel istatistikler, patent verileri, üretim verileri	Yenilikçilik analizi, bölgesel kalkınma	Veri sömürgeciliği, küresel eşitsizlik	Küresel Güney bağlamında veri üretimi ve teori eksikliği
Turizm Coğrafyası	Doğal Dil İşleme, öneri sistemleri, kümeleme algoritmaları	Sosyal medya, fotoğraflar, kullanıcı yorumları	Ziyaretçi davranışı analizi, deneyim modelleme	Veri temsil sorunu, dijital önyargı	Dijital veri ile gerçek deneyim arasındaki kopukluk
Kültürel Coğrafya	Doğal Dil İşleme, metin madenciliği	Sosyal medya, metinler, dijital içerik	Dijital mekân duygusu analizi	Kültürel indirgeme, bağlamsal kayıp	Nitel yöntemlerle YZ entegrasyonu eksikliği
Siyasi Coğrafya	Doğal Dil İşleme, söylem analizi, gözetim teknolojileri	Politika metinleri, medya verileri, sensörler	Söylem analizi, sınır teknolojileri	Gözetim, etik sorunlar, güç asimetrisi	YZ'nin jeopolitik etkilerine dair kuramsal eksiklik

Tablo 1’de ortaya konulduğu üzere, YZ uygulamalarının büyük ölçüde veri yoğun, yüksek çözünürlüklü ve öngörüye dayalı modeller etrafında şekillendiği; buna karşın bu modellerin çoğu zaman yerel bağlamı, toplumsal farklılaşmayı ve mekânsal özgünlüğü yeterince içselleştiremediği anlaşılmaktadır. Alt disiplinler arasında yöntemsel çeşitlilik artmakla birlikte, algoritmik önyargı, veri temsiliyeti sorunları ve ölçek bağımlılığı gibi risklerin büyük ölçüde ortaklaştığı; buna karşılık bu sorunlara yönelik kuramsal ve metodolojik çözüm üretme kapasitesinin sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, YZ’nin sunduğu fırsatlar ile yarattığı riskler arasındaki gerilimin, özellikle kentsel, sağlık ve ekonomik coğrafya gibi uygulama yoğun alanlarda daha belirgin hale geldiği; bu durumun disiplin içinde yeni epistemolojik ve etik tartışma alanları açtığı görülmektedir. Tablo 1 aynı zamanda, coğrafyada YZ kullanımının giderek teknik optimizasyon odaklı bir yönelime kaydığını, buna karşılık eleştirel coğrafi düşünce ile bu teknolojik dönüşüm arasındaki entegrasyonun henüz yeterince sağlanmadığını da ortaya koymaktadır. Bu yönüyle tablo, yalnızca mevcut literatürün bir özetini sunan betimleyici bir araç olmanın ötesine geçerek; coğrafyada YZ çalışmalarının gelecekte hangi kuramsal açılımlar, yöntemsel yaklaşımlar ve eleştirel perspektifler doğrultusunda derinleştirilmesi gerektiğine dair sistematik bir tartışma zemini oluşturmaktadır.

5. Epistemolojik ve Ontolojik Dönüşümler

YZ’nin coğrafya disiplinine entegrasyonu, yalnızca yeni analitik araçların kullanıma sunulmasından ibaret değildir. Bu süreç, aynı zamanda coğrafi bilginin ne olduğu, nasıl üretildiği ve bu üretim sürecinde kimlerin (veya nelerin) fail olarak kabul edileceği gibi temel epistemolojik ve ontolojik soruları da yeniden gündeme getirmektedir (Kitchin, 2014; Batty, 2018; Floridi vd., 2018). Geleneksel, insan-merkezli coğrafya anlayışı, YZ’nin artan faaliyeti karşısında sorgulanmaya başlamıştır. Lin ve Zhao’nun (2025) derlemesinde altını çizdiği gibi, YZ artık yalnızca bir araç değil, toplumsal pratikleri, mekânsal deneyimleri ve hatta coğrafi bilginin kendisini şekillendiren yeni bir aktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Modern bilim anlayışı, bilgiyi üreten ve yorumlayan özne olarak insanı merkeze koyar. Ancak YZ, özellikle de derin öğrenmeye dayalı sistemler, bu insan-merkezci epistemolojiye meydan okumaktadır. YZ, yalnızca insan tarafından girilen verileri işleyen pasif bir araç olmanın ötesinde, devasa veri kümelerindeki karmaşık örüntüleri keşfederek, hipotezler üretmek ve hatta yaratıcı çıktılar (metin, görüntü, müzik) oluşturarak aktif bir bilgi üretim sürecine katılmaktadır (Floridi vd., 2018; Lundman & Nordström, 2023). Bu durum YZ’yi "konumlanmış algoritmik bilgi" üreten bir fail olarak görmemizi gerektirmektedir (Kitchin, 2017; Maalsen, 2025). Yani YZ’nin ürettiği bilgi, onun beslendiği verinin, kullandığı algoritmanın ve tasarımına gömülü olan insani değerlerin bir ürünüdür. Dolayısıyla nesnel veya tarafsız değil, belirli bir perspektiften konumlanmıştır (Crawford, 2021). YZ’nin artan bu faaliyeti "posthümanist coğrafya" tartışmaları bağlamında ele alınmaktadır (Simonsen, 2012; Sundberg, 2014; Ash, Kitchin & Leszczynski, 2018; Lin & Zhao, 2025). Posthümanist coğrafi düşüncede YZ, yalnızca bir araç değil, aynı zamanda potansiyel bir mekân üreticisi ve toplumsal aktördür. YZ’nin mantıksal akıl yürütme, örüntü tanıma ve hatta duyu simülasyonu gibi yetenekleri, onu sadece bir "nesne" olmaktan çıkarıp, insanlarla etkileşime giren, onların kararlarını etkileyen ve mekânı birlikte üreten bir "özne" konumuna

yaklaştırmaktadır.

Bununla birlikte insanı diğer varlıklardan kesin çizgilerle ayıran hümanist geleneği eleştiren ve insan ile insan-olmayanlar arasındaki sınırların geçirgenliğe vurgu yapan (Kinkaid, 2020) posthümanizm, kendi "tarzını" yaratma potansiyeline sahip yeni bir ontolojik aktör haline gelerek özneyi aşmaktadır (Braidotti, 2013; Ash, Kitchin & Leszczynski, 2018). Bu durum, geleneksel olarak insan yaratıcılığının ve estetik duyarlılığının bir ürünü olarak görülen peyzajın, insan ve insan-ötesi aktörlerin (YZ, robotlar, dijital platformlar) birlikte ürettiği bir mekânsal pratiğe dönüşümüne işaret etmektedir. Bu insan-ötesi faillik ve karşılıklı kuruluş meselesi, toplumsal olgular (örneğin bir şehrin büyümesi, bir ideolojinin yayılması), insan aktörlerin yanı sıra insan-olmayan aktörlerin (kurumlar, teknolojiler, çevresel faktörler) etkileşimiyle ortaya çıkan karmaşık ve dinamik topluluklar olarak anlaşılmaktadır (Latour, 2005). Çok-aktörlü YZ simülasyonları, bu toplulukların mikro düzeydeki etkileşimlerden makro düzeydeki örüntülerin (örneğin toplumsal tabakalaşma ve kitlesel göç) nasıl "ortaya çıktığını" incelemek için güçlü bir yöntem sunar. Bu simülasyonlarda YZ aktörleri, insan aktörlerle etkileşime girerek, onların davranışlarından etkilenecek ve onları etkileyerek sanal bir toplum inşa ederler. Bu sayede, insan-ötesi failliğin dinamikleri, kontrollü ve tekrarlanabilir bir mekânda gözlemlenebilir hale gelir. Bununla birlikte YZ’nin faaliyetini kabul etmek, insanın rolünü tamamen ortadan kaldırmaz. Aksine, insan ve YZ arasındaki iş birliğinin yeni biçimlerini anlamayı gerektirir. Lundman ve Nordström (2023), bu iş birliğini kavramsallaştırmak için "ortak-yaratıcı mekânsallık" terimini önermektedir. YZ kullanan sanatçılarla yaptıkları görüşmelere dayanan çalışmalarında, yaratıcılığın artık yalnızca insanın tekelinde olmadığını, YZ ile kurulan derin ve etkileşimli bir iş birliği sürecinde ortaya çıktığını göstermektedirler. Bu süreçte YZ, kimi zaman bir araç, kimi zaman bir ortam, kimi zaman ise bir iş ortağı olarak konumlanmaktadır. Özellikle YZ’nin bir iş ortağı olarak görüldüğü durumlarda, insan ve YZ arasında sezgisel bir iletişim, karşılıklı bir etkileşim ve duygusal bir bağ gelişebilmektedir. Bu iş birliği daha geniş anlamda mekânsal pratikler için özellikle geçerlidir. Keza YZ temelli simülasyonlar, insan-çevre etkileşiminin karmaşık ve doğrusal olmayan sonuçlarını anlamak için önemli araçlar olarak ön plana çıkmaktadır (Batty, 2018; Miller & Goodchild, 2015). Örneğin, iklim değişikliğinin tetikleyeceği göç hareketlerini, farklı senaryolar altında simüle ederek, hangi bölgelerin ne ölçüde etkileneceğine dair öngörülerde bulunmak mümkündür. Ya da bir kentte uygulanacak farklı ulaşım politikalarının, trafik yoğunluğu, hava kalitesi ve kent sakinlerinin günlük yaşam pratikleri üzerindeki uzun vadeli etkileri, simülasyonlar aracılığıyla test edilebilir. Bu simülasyonların gücü, yalnızca tahmin yapmakta değil, aynı zamanda farklı değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri ve geri bildirim döngülerini keşfetmemize olanak tanımasıdır. Bu sayede, karmaşık sosyo-ekolojik sistemlere müdahale etmenin olası sonuçlarını daha iyi anlayabilir ve daha bilinçli politikalar geliştirilebilir.

6. Etik, Adalet ve Hesap Verebilirlik

YZ’nin coğrafya araştırmalarına ve uygulamalarına entegrasyonu, beraberinde derin etik soruları ve toplumsal sorumlulukları getirmektedir. YZ sistemlerinin karar alma süreçlerinde giderek daha fazla kullanılması, algoritmik önyargı, veri gizliliği, gözetim, dijital bölünme, sömürgecilik,

dezenformasyon ve hesap verebilirlik gibi kritik konuları gündeme taşımaktadır (Floridi vd., 2018; Crawford, 2021). YZ sistemlerinin en önemli etik sorunlarından biri, eğitildikleri veri kümelerindeki toplumsal önyargıları öğrenip pekiştirme riskidir. Ogunkolu ve arkadaşlarının (2025) vurguladığı gibi, tarihsel olarak ayrımcılık içeren verilerle beslenen algoritmalar, bu ayrımcılığı yeniden üretebilir ve hatta derinleştirebilir (Benjamin, 2019; Kitchin, 2017). Coğrafya bağlamında bu, özellikle mekânsal adaletsizliklerin yeniden üretilmesi anlamına gelir. Örneğin, suç tahmini yapan algoritmalar, geçmişte polis devriyelerinin yoğun olduğu (ve dolayısıyla daha fazla suç kaydedilen) yoksul veya azınlık mahallelerini "yüksek riskli" olarak işaretleyerek, bu bölgelerde daha fazla polis bulunmasına ve dolayısıyla daha fazla suç kaydedilmesine yol açan bir kısır döngü yaratabilir. Bu durum, mevcut eşitsizlikleri teknoloji aracılığıyla meşrulaştıran ve derinleştiren "Yeni Jim Kodu" kavramının somut bir örneğidir (Benjamin, 2019; Ogunkolu vd., 2025). Kentsel planlamada kullanılan YZ modelleri de benzer riskler taşır. Bu modeller, kaynakların dağıtımında varlıklı mahalleleri önceliklendirerek, zaten dezavantajlı olan bölgelerin daha da geri kalmasına neden olabilir (Wang vd., 2024; Batty, 2018). Dahası mekânsal heterojenlik nedeniyle bir bölgede başarılı olan bir modelin, başka bir bölgede aynı performansı göstermeyebileceği, hatta yanlış ve adaletsiz sonuçlar üretebileceği öncül bir sonuç olarak ön plana çıkmaktadır (Miller & Goodchild, 2015). Bu nedenle, GeoAI modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması sürecinde, mekânsal bağlamın dikkate alınması, modellerin farklı bölgelerdeki performansının ayrı ayrı değerlendirilmesi ve olası önyargıların tespit edilip düzeltilmesi için mekanizmalar geliştirilmesi zorunludur. Bu noktada "adalet-duyarlı GeoAI" kavramı, tam da bu ihtiyaca işaret etmektedir. Coğrafi bağlamda adalet, yalnızca ırk veya cinsiyet gibi kategorik değişkenler üzerinden değil, aynı zamanda sürekli bir yapı olan mekânın kendisi üzerinden de düşünülmelidir (Mai vd., 2025; Xie vd., 2022). Bu, mekânsal birimlerin modellenmesinde ortaya çıkan ölçek sorunlarının dikkate alınmasını ve modellerin farklı coğrafi ölçeklerdeki adalet etkilerinin değerlendirilmesini gerektirir (Miller & Goodchild, 2015; Kitchin, 2014).

YZ sistemlerinin beslendiği büyük coğrafi veriler ayrıca bireylerin mahremiyeti açısından ciddi riskler barındırmaktadır. Akıllı telefonlardan toplanan konum verileri, sosyal medya paylaşımları, ulaşım kartı kullanım kayıtları ve hatta sokak görüntüleri, bireylerin ev adresleri, çalıştıkları yerler, günlük hareket rotaları, alışveriş alışkanlıkları ve sosyal ilişkileri gibi hassas bilgileri açığa çıkarabilir (Kitchin, 2014; Ash, Kitchin & Leszczynski, 2018). Bu verilerin anonimleştirilmeden veya yeterli güvenlik önlemleri alınmadan kullanılması, bireylerin izinsiz gözetlenmesine, profillemesine ve hatta manipüle edilmesine yol açabilir. Artık yalnızca kameralar değil, gündelik hayatta kullandığımız hemen her dijital araç, bizim hakkımızda sürekli veri toplayan bir gözetim aygıtına dönüşmüştür. Bu risklere karşı kavramsallaştırılan "gizlilik-duyarlı GeoAI" yaklaşımıyla coğrafi verilerin toplanması, depolanması ve işlenmesi sürecinde bireylerin mahremiyetini korumak için çeşitli teknik ve yönetim stratejileri önerilmektedir (Mai vd., 2025). Bunlar arasında, verileri anonimleştirme teknikleri, merkezi olmayan veri işleme modelleri ve veri kullanımını düzenleyen etik ve yasal çerçeveler (GDPR gibi) yer almaktadır. Özellikle hassas coğrafi bilgilerin (örneğin sağlık verileri, sığınmacı kamplarının

konumları) işlendiği durumlarda, bu tür gizlilik önlemlerinin alınması hayati önem taşımaktadır. Zira üretken çekişmeli ağlar (GAN'ler) gibi gelişmiş YZ teknolojileri, gerçek olmayan ancak son derece inandırıcı görüntüler, videolar ve ses kayıtları üretmeyi mümkün kılmıştır. Bu teknolojinin coğrafyaya uygulanması, "derin sahte coğrafya" olarak adlandırılan yeni ve endişe verici bir olguyu ortaya çıkarmıştır (Zhao vd., 2021; Ash, Kitchin & Leszczynski, 2018). GAN modelleri kullanılarak, var olmayan peyzaj özelliklerine sahip sahte uydu görüntüleri üretmek ve bir şehrin temel haritasını alıp, başka bir şehrin peyzaj özellikleriyle (binalar, yeşil alanlar, su kütleleri) birleştirilerek gerçekte var olmayan ama oldukça gerçekçi görünen uydu görüntüleri oluşturmak derin sahte coğrafi üretimin birkaç örneğini oluşturmaktadır. Bu tür sahte coğrafi veriler, ulusal güvenlikten kamu düzenine kadar pek çok alanda ciddi tehditler oluşturabilir. Düşman bir devlet, bir askeri üssün bulunduğu bölgenin sahte uydu görüntülerini üreterek yanıltıcı istihbarat üretebilir. Bir kriz anında, yangın veya sel felaketine dair sahte görüntüler yayarak panik yaratabilir veya bir bölgenin arazi kullanımına dair yanlış veriler üreterek uluslararası anlaşmazlıkları körükleyebilir (Zhao vd., 2021). Bu durum, Monmonier'in (1991) "Haritalarla Yalan Söylemek" kitabında vurguladığı gibi, haritaların ve coğrafi temsillerin doğasında bulunan "yalan" söyleminin, YZ çağında çok daha karmaşık ve tehlikeli bir boyuta ulaştığını göstermektedir.

7. Coğrafyanın YZ Çağında Yeniden Keşfi: Mekânsal Özgünlük, Saha Deneyimi ve Reaktif Politika

YZ ile coğrafya arasındaki ilişkinin geleceği aynı zamanda coğrafyanın epistemolojik konumunun yeniden değerlendirilmesiyle şekillenmektedir. Günümüzde yapay zekâ, mekânsal veri analizi ve coğrafi bilgi üretimi süreçlerinde önemli bir dönüşüm yaratırken, coğrafya disiplininin sahip olduğu mekânsal düşünme kapasitesi bu teknolojilerin anlamlandırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu dönüşüm, coğrafyacının rolünün yeniden tanımlanmasını, mekânsal verinin özgünlüğünün yeniden değerlendirilmesini ve coğrafyanın politika üretim süreçlerindeki öneminin artmasını içeren çok boyutlu bir yeniden yapılanmaya işaret etmektedir. Bu bağlamda YZ ile coğrafya arasındaki ilişki yalnızca teknolojik bir dönüşüm olarak değil, aynı zamanda mekânsal bilginin üretim biçimlerini yeniden şekillendiren bir "coğrafi bilgi rejimi değişimi" olarak değerlendirilebilir. Bu durum, mekânsal verinin üretimi, yorumlanması ve dolaşıma girmesi süreçlerinin giderek daha fazla algoritmik sistemler aracılığıyla gerçekleştiğini ve bu durumun coğrafi bilginin epistemolojik temellerini yeniden tartışmaya açtığını göstermektedir.

YZ çağında coğrafi verinin üretim, depolanma ve işleme biçimleri köklü biçimde dönüşmektedir. Bununla birlikte coğrafyanın temel gücü olan mekânsal özgünlük bu dönüşüm sürecinde daha da belirgin hale gelmektedir. YZ sistemleri çoğunlukla geçmişe ait büyük veri kümeleri üzerinden eğitilmekte ve bu veriler çoğu zaman bağlamsal özelliklerinden ayrıştırılmış veri parçaları olarak işlem görmektedir. Oysa coğrafi gerçeklik, yerel bağlamlar, çevresel koşullar ve toplumsal ilişkiler tarafından sürekli olarak yeniden üretilen dinamik bir yapıya sahiptir (Lin & Zhao, 2025). Bu nedenle coğrafi veri yalnızca nicel bir veri kümesi değil belirli bir yerin tarihsel, kültürel, ekolojik ve toplumsal özelliklerini içeren çok katmanlı bir bilgi alanıdır. Bu bağlamda coğrafya, YZ çağında bilginin bağlamsal doğruluğunu test eden bir disiplin olarak

yeni bir epistemik rol üstlenmektedir. Son yıllarda özellikle “açıklanabilir yapay zekâ” tartışmaları, YZ modellerinin nasıl karar verdiğinin anlaşılmasını bilimsel bir gereklilik olarak ortaya koymuştur. Mekânsal bağlam söz konusu olduğunda bu gereklilik daha da önem kazanmaktadır. Çünkü coğrafi süreçlerin çoğu yalnızca istatistiksel örüntülerle değil, tarihsel ve toplumsal bağlamlarla birlikte anlam kazanmaktadır. Bu nedenle coğrafyacılar, YZ tarafından üretilen mekânsal sonuçların yorumlanmasında açıklanabilirlik ve bağlamsal yorumlama kapasitesini güçlendiren kritik aktörler olarak ön plana çıkar. Keza, YZ tarafından üretilen modeller ve simülasyonlar gerçekliği temsil etme kapasitesine sahip olsa da bu temsiller çoğu zaman sahadan elde edilen verilerle doğrulanmak zorundadır. Literatürde özellikle mekânsal veri yanlılığı ve arazi doğrulaması eksikliği gibi sorunların, YZ modellerinin mekânsal doğruluğunu sınırlayan temel faktörler arasında yer aldığı vurgulanmaktadır (Shekhar vd., 2021). Bu nedenle sahadan elde edilen özgün veriler, YZ modellerinin doğrulanması açısından kritik önem taşımaktadır. Bu durum coğrafyayı yalnızca veri üreten bir disiplin olmaktan çıkararak, YZ üretimi mekânsal bilginin epistemik denetimini sağlayan bir alan haline getirmektedir.

YZ’nin coğrafya araştırmalarındaki yaygınlaşması aynı zamanda coğrafyacının rolünün yeniden tanımlanmasını gerektirmektedir. Ancak bu dönüşüm coğrafyanın yerini alan bir teknolojik değişim olarak değil, disiplinin analitik kapasitesini genişleten bir metodolojik dönüşüm olarak değerlendirilmelidir. Son yıllarda geliştirilen mekânsal makine öğrenme yaklaşımları, mekânsal bağımlılık ve mekânsal otokorelasyon gibi coğrafi özellikleri dikkate alan yeni modelleme yaklaşımlarının gelişmesini sağlamıştır (Reichstein vd., 2019). Bu gelişmeler, coğrafyanın veri analiz kapasitesini genişletirken aynı zamanda coğrafyacının yorumlayıcı ve teorik rolünü güçlendirmektedir. Bu dönüşüm sürecinde saha çalışması, coğrafyanın epistemik özgünlüğünü koruyan temel araştırma pratiklerinden biri olmaya devam etmektedir. Saha araştırmaları yalnızca veri toplama süreci değil, aynı zamanda yerel bilgiyle etkileşim kurma, mekânın sosyal ve kültürel bağlamını kavrama ve mekânsal süreçleri yerinde gözlemlene imkânı sunmaktadır. YZ destekli modeller büyük veri analizi konusunda güçlü araçlar sunsa da bu modellerin anlamlandırılması çoğu zaman yerel bağlamın anlaşılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle geleceğin coğrafyası, YZ destekli analitik araçlarla saha deneyimini birleştiren hibrit bir araştırma pratiği olarak şekillenmektedir.

YZ’nin coğrafya disiplinine sunduğu en önemli katkılardan biri, mekânsal analizlerin hızını ve ölçeğini önemli ölçüde artırmasıdır. Uydu görüntülerinin otomatik sınıflandırılması, arazi kullanım değişimlerinin izlenmesi ve büyük mekânsal veri kümelerinin analiz edilmesi gibi işlemler YZ destekli yöntemler sayesinde çok daha kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir (Li vd., 2023). Bu gelişmeler, coğrafyacının rutin veri işleme süreçlerinden büyük ölçüde kurtularak daha yorumlayıcı ve stratejik analizlere odaklanmasını mümkün kılmaktadır. Böylece coğrafyacının rolü giderek veri işleyen teknisyen konumundan mekânsal anlam üreten analist konumuna doğru evrilmektedir. Bu kapasite artışı özellikle afet yönetimi, insani yardım, çevresel izleme ve kentsel planlama gibi zaman açısından kritik alanlarda önemli sonuçlar doğurmaktadır. Günümüzde YZ destekli mekânsal analizler sayesinde deprem sonrası hasar tespiti, yangın yayılım modellemesi veya salgın

hastalıkların mekânsal yayılımı gibi süreçler gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir (Batty, 2018). Bu gelişmeler, coğrafi bilginin politika yapım süreçlerindeki etkisini de önemli ölçüde artırmaktadır. Bu çerçevede coğrafya, kriz anlarında hızlı veri üretimi ve mekânsal analiz kapasitesi sayesinde daha reaktif politika üretim süreçlerinin merkezinde yer alma potansiyeline sahiptir. Özellikle son yıllarda geliştirilen otonom GIS yaklaşımları, YZ sistemlerinin mekânsal veri toplama, analiz etme ve haritalama süreçlerini büyük ölçüde otomatikleştirebildiği yeni bir coğrafi bilgi üretim modeline işaret etmektedir. Bu gelişmeler, coğrafyanın yalnızca betimleyici bir disiplin olmanın ötesine geçerek kriz yönetimi ve stratejik karar alma süreçlerinde doğrudan rol oynayan bir alan haline geldiğini göstermektedir. Bununla birlikte YZ’nin coğrafyada yaygınlaşması önemli etik ve politik sorumlulukları da beraberinde getirmektedir. Algoritmik önyargı, veri sömürgecililiği, mekânsal eşitsizlik ve dijital bölünme gibi sorunlar, coğrafyacılar için yeni araştırma alanları ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda coğrafya, yalnızca mekânsal bilgi üreten bir disiplin değil aynı zamanda dijital çağın mekânsal adalet sorunlarını analiz eden ve daha sürdürülebilir mekânsal gelecekler tasarlamaya katkı sağlayan kritik bir araştırma alanı olarak yeniden konumlanmaktadır.

8. Sonuç

Bu makale, YZ ve coğrafya arasındaki çok boyutlu ilişkiyi, disiplinin tarihsel köklerinden güncel uygulamalara, epistemolojik dönüşümlerden etik sorumluluklara kadar geniş bir yelpazede incelemiştir. Çalışma boyunca vurgulandığı gibi, YZ’nin coğrafyaya entegrasyonu tek yönlü bir teknoloji transferinden ibaret değildir. Aksine, bu iki alan arasında birbirini dönüştüren, şekillendiren ve zaman zaman çatışan dinamik bir ilişki söz konusudur. Bu ilişkinin en önemli sonucu, coğrafyanın YZ çağında kendini yeniden keşfetme, özgün değerlerini yeniden tanımlama ve teknolojik gelişmeler karşısındaki stratejik konumunu güçlendirme fırsatı yakalamasıdır.

YZ teknolojilerindeki hızlı gelişim, coğrafya disiplininin araştırma yöntemlerini ve veri üretim süreçlerini önemli ölçüde dönüştürmektedir. Uydu görüntüleri, sensör ağları, mobil konum verileri ve dijital platformlardan elde edilen mekânsal veri akışları, coğrafi araştırmalar için giderek genişleyen bir veri ekosistemi oluşturmuştur. Bu veri yoğunluğu, makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi YZ teknikleriyle birlikte kullanıldığında mekânsal örüntülerin daha hızlı ve kapsamlı biçimde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece coğrafi süreçlerin analizinde daha yüksek çözünürlükte modellemeler yapılabilmekte ve çevresel değişimlerden kentleşme dinamiklerine kadar pek çok alanda daha güçlü öngörüler geliştirilebilmektedir. Bu gelişmeler, coğrafyanın yalnızca mekânsal olayları betimleyen bir disiplin olmaktan çıkarak, karmaşık insan-çevre sistemlerini analiz eden ve geleceğe yönelik senaryolar üreten bir araştırma alanına dönüşmesini hızlandırmaktadır. Bununla birlikte YZ destekli analizlerin yaygınlaşması, coğrafi bilgi üretiminin epistemolojik temellerinin yeniden değerlendirilmesini de gerekli kılmaktadır. Coğrafyanın temel kavramları olan mekân, yer, ölçek ve insan-çevre ilişkisi, algoritmik analizlerin artan rolüyle birlikte yeni yorumlama biçimleriyle ele alınmaktadır. YZ sistemleri büyük veri kümeleri içerisindeki karmaşık ilişkileri belirleme konusunda önemli avantajlar sunarken, bu ilişkilerin toplumsal ve çevresel bağlam içerisindeki anlamı çoğu zaman

disipliner yorumlama süreçlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu durum, coğrafyanın yalnızca teknik veri analizleri gerçekleştiren bir alan olmadığını mekânsal süreçleri tarihsel, kültürel ve toplumsal bağlamlarıyla birlikte değerlendiren yorumlayıcı bir disiplin olarak önemini sürdürdüğünü göstermektedir. Dolayısıyla YZ çağında coğrafyanın en önemli katkılarından biri, algoritmik olarak üretilen mekânsal bilginin bağlamsal olarak anlamlandırılmasıdır.

YZ destekli mekânsal analizler özellikle çevresel değişimlerin izlenmesi ve küresel sorunların anlaşılması açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. İklim değişikliği, doğal afetler, biyolojik çeşitlilik kaybı ve hızlı kentleşme gibi karmaşık süreçler, mekânsal veri ve modelleme teknikleri olmadan anlaşılması zor olan dinamikler içermektedir. YZ temelli analizler, bu süreçlerin mekânsal ve zamansal örüntülerini ortaya koyarak çevresel yönetim, afet risk azaltma ve sürdürülebilir kent politikaları gibi alanlarda daha etkili karar alma süreçlerine katkı sağlayabilir. Bu durum coğrafyanın yalnızca akademik bilgi üretimiyle sınırlı olmayan aynı zamanda politika üretimi, planlama ve kriz yönetimi gibi uygulamalı alanlarda da önemli rol oynayan bir disiplin olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte YZ temelli mekânsal analizlerin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Algoritmik sistemler çoğunlukla geniş veri kümeleri üzerinden eğitildiği için yerel bağlamı ve toplumsal özgünlükleri her zaman yeterince yansıtamayabilir. Mekânsal verinin üretildiği sosyal ve kültürel bağlam göz ardı edildiğinde, YZ tarafından üretilen sonuçlar belirli bölgelerdeki gerçeklikleri eksik veya hatalı biçimde temsil edebilir. Bu nedenle saha araştırmaları, yerel gözlemler ve nitel veri toplama yöntemleri coğrafya disiplini içinde önemini korumaya devam etmektedir. Dahası yerel bilgi, algoritmik analizlerin doğrulanması ve mekânsal modellerin bağlamsal anlamının ortaya konulması açısından kritik rolü geleceğin coğrafyasının yalnızca veri yoğun analizlere dayanan bir alan değil, aynı zamanda saha temelli araştırmalar ile YZ destekli analizlerin birlikte kullanıldığı hibrit bir araştırma pratiği olarak gelişeceğini göstermektedir.

YZ çağında coğrafyanın karşı karşıya olduğu bir diğer önemli mesele etik ve politik sorumluluklardır. Mekânsal verinin geniş ölçekte toplanması ve analiz edilmesi, bireysel mahremiyet, veri güvenliği ve gözetim teknolojilerinin yaygınlaşması gibi konuları gündeme getirmektedir. Özellikle konum verilerine dayalı analizlerin artması, bireylerin hareketlilik örüntülerinin izlenmesi ve dijital gözetim mekanizmalarının güçlenmesi gibi riskleri beraberinde getirebilmektedir. Bunun yanında algoritmik önyargılar, veri erişimindeki eşitsizlikler ve dijital altyapı farklılıkları mekânsal eşitsizliklerin yeniden üretilmesine yol açabilir. Bu nedenle coğrafya disiplininin yalnızca teknik analizlere odaklanması yeterli değildir. Daha ziyade YZ destekli mekânsal teknolojilerin toplumsal etkilerini eleştirel bir perspektifle değerlendirmesi gerekmektedir. Bu noktada coğrafyacılar, mekânsal veri kullanımının etik ilkeler doğrultusunda yürütülmesi, şeffaf ve hesap verebilir algoritmik sistemlerin geliştirilmesi ve mekânsal adaletin korunması konusunda önemli bir sorumluluk üstlenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak YZ ile coğrafya arasındaki ilişki, karşılıklı olarak birbirini dönüştüren dinamik bir etkileşim olarak değerlendirilebilir. YZ coğrafyaya yeni veri kaynakları, analiz teknikleri ve modelleme kapasitesi kazandırırken; coğrafya da YZ araştırmalarına mekânsal bağlam, ölçek duyarlılığı ve insan-çevre ilişkilerini yorumlama açısından önemli katkılar

sunmaktadır. Bu karşılıklı etkileşim, coğrafi bilginin yalnızca akademik araştırmalar açısından değil, aynı zamanda toplumsal sorunların anlaşılması ve çözümünde de daha etkin bir rol üstlenmesini mümkün kılmaktadır. Gelecekte coğrafya, insan deneyimi, saha bilgisi ve YZ destekli analizlerin birlikte işlediği çok katmanlı bir bilgi üretim alanı olarak gelişmeye devam edecektir. Bu bağlamda coğrafya disiplininin, YZ çağında hem eleştirel hem de yenilikçi bir perspektifle konumlanması, mekânsal bilgi üretiminin sürdürülebilir ve kapsayıcı biçimde gelişmesi açısından belirleyici olacaktır.

Etik Kurulu Onayı/Ethics Committee Approval: Bu çalışma için Etik Kurul Onay Belgesi gerekmemektedir. *Ethics Committee Approval is not required for this study.*

Çıkar Çatışması/Conflict of Interest: Yazar bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. *The author declares that there is no conflict of interest.*

Yazar Katkısı/Author Contribution: Bu araştırmanın içeriği tamamen yazarın sorumluluğunda yürütülmüştür. *The content of this research has been carried out entirely under the author's responsibility.*

Kaynakça

- An, C., Wang, J., & Zhou, C. (2026). The evolution and current landscape of AI in geographical research: A large-scale systematic review. *Geography and Sustainability*, 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2025.100392>
- Ar, M. (2021). Mekân, yer ve yersizlik kavramları üzerine bir inceleme. *Şehir ve Medeniyet Dergisi*, 7(14), 8-25.
- Ar, M. (2025). Coğrafyadan ekrana: Dijitalleşme çağında mekânsal dönüşüm. İçinde Y. Söğüt (Ed.), *Dijitalleşen dünyanın yol ayrımları* (ss. 163-192). Literatürk.
- Ash, J., Kitchin, R., & Leszczynski, A. (2018). Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography*, 42(1), 25–43. <https://doi.org/10.1177/0309132516664800>
- Battle, R., & Kolas, D. (2012). Enabling the geospatial semantic web with Parliament and GeoSPARQL. *Semantic Web*, 3(4), 355–370. <https://doi.org/10.3233/SW-2012-0065>
- Batty, M. (2018). Artificial intelligence and smart cities. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(1), 3–6. <https://doi.org/10.1177/2399808317751169>
- Baydemir, R. (2025a). How Can We Utilise Artificial Intelligence (AI) in the Fight Against Climate Change? Opportunities and Challenges. *6th International Conference on Frontiers in Academic Research*. Konya.
- Baydemir, R. (2025b). Artificial Intelligence (AI) in academic research?. *6th International Conference on Frontiers in Academic Research*. Konya.
- Benjamin, R. (2019). *Race after technology: Abolitionist tools for the new Jim Code*. Polity Press.
- Braidotti, R. (2013). Posthuman humanities. *European Educational Research Journal*, 12(1), 1-19. <https://doi.org/10.2304/eeerj.2013.12.1.1>
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, platform, crowd: Harnessing our digital future*. Norton.
- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. *Proceedings of Machine Learning Research*, 81, 1–15.
- Castells, M. (2010). *The rise of the network society*. Wiley-Blackwell.

- Cicerone, G., Faggian, A., Montresor, S., & Rentocchini, F. (2023). Regional artificial intelligence and the geography of environmental technologies: Does local AI knowledge help regional green-tech specialization? *Regional Studies*, 57(2), 330-343. <https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2092610>
- Couclelis, H. (1986). Artificial intelligence in geography: Conjectures on the shape of things to come. *The Professional Geographer*, 38(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1986.00001.x>
- Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. Yale University Press.
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). *BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding*. NAACL.
- Döllner, J. (2020). Geospatial artificial intelligence: potentials of machine learning for 3D point clouds and geospatial digital twins. *PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(1), 15-24.
- Du, Z., Wang, Z., Wu, S., Zhang, F., & Liu, Y. (2020). Geographically neural network weighted regression for the accurate estimation of spatial non-stationarity. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(7), 1353-1377. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1707834>
- Egenhofer, M. J. (1989). A formal definition of binary topological relationships. *International Conference on Foundations of Data Organization and Algorithms*, 457-472. Springer.
- Fan, Z., Zhang, F., Loo, B. P., & Ratti, C. (2023). Urban visual intelligence: Uncovering hidden city profiles with street view images. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(27), e2220417120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2220417120>
- Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., & Schafer, B. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, 28(4), 689-707.
- Gendron, Y., Andrew, J., & Cooper, C. (2022). The perils of artificial intelligence in academic publishing. *Critical Perspectives on Accounting*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.cpa.2021.102411>
- Ghahramani, M., Galle, N. J., Duarte, F., Ratti, C., & Pilla, F. (2021). Leveraging artificial intelligence to analyze citizens' opinions on urban green space. *City and Environment Interactions*, 10, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2021.100058>
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31-45. <https://doi.org/10.1080/02693799208901893>
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- Goodchild, M. F. (2018). Reimagining the history of GIS. *Annals of GIS*, 24(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/19475683.2018.1424737>
- Goodchild, M. F., & Janelle, D. (2004). *Spatially integrated social science*. Oxford University Press.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Graham, M. (2011). Time machines and virtual portals. *Progress in Development Studies*, 11(3), 211-227. <https://doi.org/10.1177/146499341001100303>
- Graham, M., & Shelton, T. (2013). Geography and the future of big data, big data and the future of geography. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 255-261. <https://doi.org/10.1177/2043820613513121>
- Hagenauer, J., & Helbich, M. (2022). A geographically weighted artificial neural network. *International Journal of Geographical Information Science*, 36(2), 215-235. <https://doi.org/10.1080/13658816.2021.1871618>
- Hayles, N. K. (1999). *How we became posthuman*. University of Chicago Press.
- Hilbert, M., & López, P. (2011). The world's technological capacity to store, communicate, and compute information. *Science*, 332(6025), 60-65.
- Hu, Y., Gao, S., Janowicz, K., Yu, B., Li, W., & Prasad, S. (2015). Extracting and understanding urban areas of interest using geotagged photos. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 240-254. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.001>
- Huang, X., Wang, S., Wilson, J., & Kedron, P. (2025). *GeoAI and human geography: The dawn of a new spatial intelligence era*. Springer.
- Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4), 625-636. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>
- Janowicz, K., Sieber, R., & Crampton, J. (2022). GeoAI, counter-AI, and human geography: A conversation. *Dialogues in Human Geography*, 12(3), 446-458. <https://doi.org/10.1177/20438206221132510>
- Jiang, Z., Yu, J., Jin, Y., Ginn, A., Chen, J., & Sun, G. (2023). When artificial intelligence comes to the Chinese calligraphic landscape: The coming transformation. *Geography Compass*, 17(1), e12670. <https://doi.org/10.1111/gec3.12670>
- Kafy, A. A., Rahman, M. S., Hasan, M. M., & Islam, M. (2020). Modelling future land use land cover changes and their impacts on land surface temperatures in Rajshahi, Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100314>
- Kang, Y., Jia, Q., Gao, S., Zeng, X., Wang, Y., Angsuesser, S., Liu, Y., & Fei, T. (2019). Extracting human emotions at different places based on facial expressions and spatial clustering analysis. *Transactions in GIS*, 23(3), 450-480. <https://doi.org/10.1111/tgis.12552>
- Kinkaid, E. (2020). Can assemblage think difference? A feminist critique of assemblage geographies. *Progress in Human Geography*, 44(3), 457-472. <https://doi.org/10.1177/0309132519836162>
- Kitchin, R. (2014). *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*. Sage.
- Kitchin, R. (2017). *Thinking critically about and researching algorithms*. Routledge.
- Kruse, J., Kang, Y., Liu, Y. N., Zhang, F., & Gao, S. (2021). Places for play: Understanding human perception of playability in cities using street view images and deep learning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 90, 101693. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.101693>

- <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101693>
- Larkin, A., & Hystad, P. (2019). Evaluating street view exposure measures of visible green space for health research. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 29(4), 447-456.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University press.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Li, Z., Zhou, W., Chiang, Y. Y., & Chen, M. (2023). Geolm: Empowering language models for geospatially grounded language understanding. In *Proceedings of the 2023 conference on empirical methods in natural language processing* (pp. 5227-5240).
- Lin, Y., & Zhao, B. (2025). Posthuman cartography? Rethinking artificial intelligence, cartographic practices, and reflexivity. *Annals of the American Association of Geographers*, 115(3), 499-512. <https://doi.org/10.1080/24694452.2024.2435920>
- Lundman, R., & Nordström, P. (2023). Creative geographies in the age of AI: Co-creative spatiality and the emerging techno-material relations between artists and artificial intelligence. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 48(3), 650-664. <https://doi.org/10.1111/tran.12608>
- Maalsen, S. (2025). Digital geographies II: All about AI. What's old? What's new? Where to? *Progress in Human Geography*, 49(1), 1-12. <https://doi.org/10.1177/03091325251398858>
- Mai, G., Hu, Y., Gao, S., Cai, L., Martins, B., Schlieder, C., & Janowicz, K. (2022). Symbolic and subsymbolic GeoAI: Geospatial knowledge graphs and spatially explicit machine learning. *Transactions in GIS*, 26(8), 3118-3124. <https://doi.org/10.1111/tgis.13012>
- Mai, G., Xie, Y., Jia, X., Lao, N., Rao, J., Zhu, Q., Liu, Z., Chiang, Y. Y., & Jiao, J. (2025). Towards the next generation of geospatial artificial intelligence. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 136, 104368. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368>
- McDuié-Ra, D., & Gulson, K. (2020). The backroads of AI: The uneven geographies of artificial intelligence and development. *Area*, 52(3), 626-633. <https://doi.org/10.1111/area.12602>
- Miller, H. J., & Goodchild, M. F. (2015). Data-driven geography. *GeoJournal*, 80(4), 449-461.
- Monmonier, M. (1991). *How to lie with maps*. University of Chicago Press.
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of math destruction*. Crown Publishing.
- Ogunkolu, A. B., Ajibade, L. T., & Ameh, M. S. (2025). AI, geography and ethics: Exploring the intersections and implications. *LASU Journal of Environmental Sciences*, 1(2), 1-26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17846256>
- Openshaw, S. (1992). Some suggestions concerning the development of artificial intelligence tools for spatial modelling and analysis in GIS. *The Annals of Regional Science*, 26(1), 35-51. <https://doi.org/10.1007/BF01581479>
- Qi, Y., Mai, G., Zhu, R., & Zhang, M. (2023). EVKG: An interlinked and interoperable electric vehicle knowledge graph for smart transportation system. *Transactions in GIS*, 27(4), 949-974. <https://doi.org/10.1111/tgis.13064>
- Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J., Carvalhais, N., & Prabhat. (2019). Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. *Nature*, 566, 195-204. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0912-1>
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach*. Pearson.
- Shekhar, S. (2021, July). What is special about spatial data science and Geo-AI?. In *Proceedings of the 33rd International Conference on Scientific and Statistical Database Management* (pp. 271-271).
- Simonsen, K. (2012). In quest of a new humanism: Embodiment, experience and phenomenology as critical geography. *Progress in Human Geography*, 37(1), 10-26. <https://doi.org/10.1177/0309132512467573>
- Smith, T. R. (1984). Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving. *The Professional Geographer*, 36(2), 147-158. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1984.00147.x>
- Su, F., Yan, F., Wu, W., Fu, D., Cao, Y., Lyne, V., Meadows, M., Yao, L., Wang, J., Huang, Y., Huang, C., Qin, J., Fang, S., & Zhang, A. (2025). Advancing intelligent geography: Current status, innovations, and future prospects. *Geography and Sustainability*, 6(1), 100375. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2025.100375>
- Sundberg, J. (2014). Decolonizing posthumanist geographies. *Cultural geographies*, 21(1), 33-47. <https://doi.org/10.1177/1474474013486067>
- Ullah, S., Tahir, A. A., Akbar, T. A., Hassan, Q. K., & Dewan, A. (2019). Remote sensing-based quantification of the relationships between land use land cover changes and surface temperature over the lower Himalayan region. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47(10), 1685-1698. <https://doi.org/10.3390/su11195492>
- Walker, M., Winders, J., & Boamah, E. F. (2021). Locating artificial intelligence: A research agenda. *Space and Polity*, 25(2), 202-219. <https://doi.org/10.1080/13562576.2021.1985868>
- Wang, Z., Xie, Y., Li, Z., Jia, X., & He, E. (2024). SimFair: Physics-guided fairness-aware learning with simulation models. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(20), 22420-22428. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i20.30249>
- Yang, L., Driscoll, J., Sarigai, S., Wu, Q., Chen, H., & Lippitt, C. D. (2022). Google Earth Engine and artificial intelligence (AI): a comprehensive review. *Remote Sensing*, 14(14), 3253. <https://doi.org/10.3390/rs14143253>
- Zhang, K., Chen, Y., & Li, C. (2019). Discovering the tourists' behaviors and perceptions in a tourism destination by analyzing photos' visual content with a computer deep learning model: The case of Beijing. *Tourism Management*, 75, 595-608. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.07.002>
- Zhang, X., Ji, Z., Zheng, Y., Ye, X., & Li, D. (2020). Evaluating the effect of city lock-down on controlling COVID-19 propagation through deep learning and network science models. *Cities*, 107, 102869. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102869>
- Zhao, B., Zhang, S., Xu, C., Sun, Y., & Deng, C. (2021). Deep fake geography? When geospatial data encounter artificial intelligence. *Cartography and Geographic Information Science*, 48(4), 338-352.

<https://doi.org/10.1080/15230406.2021.1910075>

- Zheng, T., Dong, C., Dong, D., & Wang, S. (2021). Traffic volume prediction: A fusion deep learning model considering spatial-temporal correlation. *Sustainability*, 13(19), 10595. <https://doi.org/10.3390/su131910595>
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism*. PublicAffair.