

Coğrafi Bilgi Sistemleri Yıllıkları

ISSN: 1947-5683 (Basılı) 1947-5691 (Çevrimiçi) Dergi ana sayfası: www.tandfonline.com/dergiler/tagi20

Kent biliminde yapay zeka: Neden önemli?

Xinyue Ye, Tan Yiğitcanlar, Michael Goodchild, Xiao Huang, Wenwen Li, Shih-Lung Shaw, Yanjie Fu, Wenjing Gong & Galen Newman

Bu makaleyi alıntılanmak için:Xinyue Ye, Tan Yigitcanlar, Michael Goodchild, Xiao Huang, Wenwen Li, Shih-Lung Shaw, Yanjie Fu, Wenjing Gong & Galen Newman (2025) Kent biliminde yapay zeka: neden önemli?, Annals of GIS, 31:2, 181-189, DOI: [10.1080/19475683.2025.2469110](https://doi.org/10.1080/19475683.2025.2469110)

Bu makaleye bağlantı vermek için:<https://doi.org/10.1080/19475683.2025.2469110>



© 2025 Yazar(lar). Nanjing Normal Üniversitesi adına Taylor & Francis Group ticari adı altında faaliyet gösteren Informa UK Limited tarafından yayınlanmıştır.



Çevrimiçi yayın tarihi: 17 Şubat 2025.



Makalenizi bu dergiye gönderin



Makale görüntülemeleri: 2024



İlgili makaleleri görüntüle



Crossmark verilerini görüntüle



Atıfta bulunan makaleler: 3 Atıfta bulunan makaleleri görüntüle





Kent bilimde yapay zeka: Neden önemli?

Xinyue Ye^A, Tan Yiğitcanlar^B, Michael Goodchild^C, Xiao Huang^D, Wenwen Live^E, Shih-Lung Şav^F, Yanjie Fu^G, Wenjing Gong^{Ave} Galen Newman^A

^APeyzaj Mimarlığı ve Şehir Planlama Bölümü ve Coğrafi Bilgiler, Uygulamalar ve Teknoloji Merkezi, Teksas A&M Üniversitesi, College Station, Teksas, ABD; ^BŞehir 4.0 Laboratuvarı, Mimarlık ve Yapılı Çevre Okulu, Mühendislik Fakültesi, Queensland Teknoloji Üniversitesi, Brisbane, Queensland, Avustralya; ^CCoğrafya Bölümü, Kaliforniya Üniversitesi, Santa Barbara, Kaliforniya, ABD; ^DÇevre Bilimleri Bölümü, Emory Üniversitesi, Atlanta, Georgia, ABD; ^ECoğrafya Bilimleri ve Şehir Planlama Okulu, Arizona Eyalet Üniversitesi, Tempe, Arizona, ABD; ^FCoğrafya ve Sürdürülebilirlik Bölümü, Tennessee Üniversitesi, Knoxville, Tennessee, ABD; ^GBilgisayar ve Artırılmış Zeka Okulu, Arizona Eyalet Üniversitesi, Tempe, Arizona, ABD

SOYUT

Kent bilimi, toplumsal bağlamı ve sürdürülebilirliği vurgulayarak karmaşık, insan merkezli sistemleri açıklamayı, keşfetmeyi, anlamayı ve genelleştirmeyi (EDUG) hedefler. Ancak, yapay zekayı (YZ) kent bilimine entegre etmek, veri kullanılabilirliği, etik hususlar ve birçok YZ modelinin "kara kutu" doğası gibi zorluklar sunar. Bu sınırlamalara rağmen YZ, altyapıyı optimize etmek, eğilimleri tahmin etmek ve dayanıklılığı artırmak için geniş, çok modlu veri kümelerinden yararlanarak kentsel yönetim ve planlama için önemli fırsatlar sunar. Açıklanabilir YZ ve bilgi odaklı yaklaşımlar gibi teknikler, YZ çıktılarını kent biliminin yorumlanabilirlik vurgusuyla uyumlu hale getirerek şeffaflık endişelerini ele almaya başlamıştır. Kent bilimi, bağlamsal farkındalığı ve insan merkezli içgörülerini yerleştirerek YZ gelişimine karşılıklı olarak katkıda bulunur ve YZ'nin kentsel karmaşıklıkları yönetme yeteneğini artırır. Örnekler arasında gerçek zamanlı kentsel analiz için dijital ikizler ve kapsayıcı kentsel modelleme için üretken YZ yer alır. Bu görüş yazısı, YZ ile kent bilimi arasında ortak öğrenme ve etik iş birliğini vurgulayan simbiyotik bir ilişki geliştirilmesini savunmaktadır. Teknik yeniliği toplumsal ihtiyaçlarla bütünleştirerek, yapay zeka ve kent biliminin bir araya gelmesi - 'Yeni Kent Bilimi' olarak adlandırılır - daha akıllı, eşitlikçi ve sürdürülebilir şehirler vaat ediyor. Bu paradigma, yapay zeka ilerlemelerini kent biliminin temel hedefleriyle uyumlu hale getirmenin dönüştürücü potansiyelini vurguluyor.

MAKALE GEÇMİŞİ

23 Kasım 2024'te alındı 14 Şubat 2025'te kabul edildi

ANAHTAR KELİMELER

Yapay zeka; kent bilimi; açıklanabilir yapay zeka; dijital ikizler; insan dinamikler

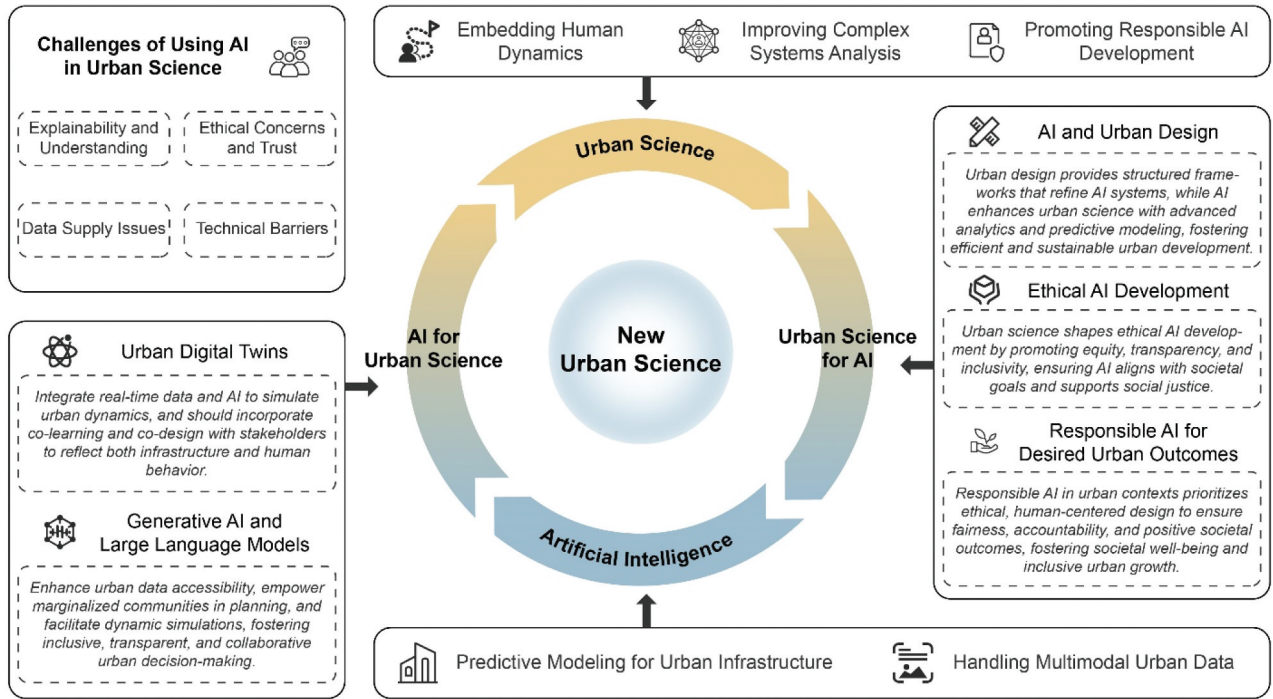
giriş

Yapay zekanın (YZ) hızlı yükselişi, YZ'nin 2024 Nobel Fizik ve Kimya Ödülleri'nde tanınmasıyla kanıtlandığı gibi, çok sayıda bilimsel alanda dönüştürücü ilerlemelere yol açtı. YZ, iş birliğinin genellikle iki taraflı olduğu (hem YZ gelişimini hem de veri odaklı bilimsel keşif arzusunu destekleyen) doğa bilimlerinde nispeten iyi gelişmiş olsa da, kentsel bilim (sosyal ve doğa bilimleri arasında köprü kuran) gibi alanlara entegrasyonu daha zorlu olmaya devam ediyor. YZ'nin kentsel bilimdeki potansiyelini tam olarak anlamak için öncelikle şu temel soruyu ele almalıyız: YZ, kentsel bilim için neden önemlidir? Bu, kentsel bilimin neyi başarmayı amaçladığını ve YZ'nin bu hedeflerin ilerlemesine nasıl etkili bir şekilde katkıda bulunabileceğini keşfetmeyi gerektirir.

Kentsel bilim, temel olarak karmaşık, insan merkezli sistemlerin 'Açıklanması, Keşfi, Anlaşılması ve Genelleştirilmesi' (EDUG) ile ilgilidir ve gelecekteki koşulların tahminine ikincil bir odaklanma vardır. Açıklamayı amaçlar

kentsel bağlamlarda sosyal, mekansal ve çevresel faktörler arasındaki karmaşık ilişkileri ve kentsel yönetim ve planlamayı yönlendiren kalıpları keşfetmek. Zamanımızın gelişmiş hesaplamalı teknolojileri, kentsel bilimde devrim yaratarak 'Yeni Kentsel Bilim'in ortaya çıkmasına yol açıyor (Şekil 1). Bu yeni alan, şehirlerin nasıl işlediği ve evrimleştiğine dair daha derin içgörüler üretmek için kentsel veri analitiğinin ve karmaşık modellemenin kullanımını vurgulamaktadır (Karvonen vd.2021). Geniş veri kümelerini kullanarak ve karmaşık algoritmalar kullanarak, Yeni Kentsel Bilim kentsel sistemler hakkında daha kesin ve dinamik bir anlayış sağlıyor, araştırmacıların ve politika yapımcıların kalıpları ortaya çıkarmasına, gelecekteki eğilimleri tahmin etmesine ve daha sürdürülebilir, eşitlikçi şehirler tasarlamasına olanak tanıyor. Bu paradigma değişimi, kentsel araştırma ve uygulamaları yeniden tanımlayan veri odaklı, disiplinler arası yaklaşımlara doğru bir hareketi yansıtıyor.

Yapay zeka, geniş veri kümeleri ve iyi tanımlanmış parametrelere sahip alanlarda üstünlük sağlarken, yeni kentsel



Şekil 1.Yeni kent biliminin kavramsal çerçevesi.

bilim, açıklanabilirlik, tekrarlanabilirlik ve şeffaflıktaki içsel sınırlamaları nedeniyle daha az net olmuştur. Ancak, yapay zeka, geleneksel bilimsel araştırmanın bazı yönlerinde yetersiz kalsa bile, yeni kentsel bilime önemli katkılarda bulunma konusunda yüksek bir potansiyele sahiptir (Long2019).Yapay zekanın, yalnızca kent bilimine odaklanmak yerine kentsel yönetim ve planlamadaki uygulamalarına vurgu yapılmasıyla, özellikle pratik zorlukları ele almak ve karar alma süreçlerini optimize etmek için daha etkili bir şekilde entegre edilebileceği düşünülmektedir.

Yeni Kentsel Bilim ayrıca karmaşık sosyo-mekansal etkileşimleri modelleme konusundaki uzmanlığından yararlanarak yapay zekayı daha sağlam ve bağlam farkındalığına sahip hale getirme potansiyeline de sahiptir (Ye ve Andris2021). Kentsel bilimlerden gelen içgörülerini entegre ederek, yapay zeka yalnızca teknik olarak gelişmiş değil, aynı zamanda insan davranışlarına ve toplumsal dinamiklere de derinlemesine uyum sağlayan modeller geliştirebilir (Huang2024). Bu karşılıklı ilişki, mevcut AI sistemlerinin sınırlamalarını ele almaya yardımcı olabilir ve kentsel ortamların bağlamını daha etkili bir şekilde anlamalarını sağlayabilir. Mevcut an, AI bilim insanları ile kentsel araştırmacılar arasında daha dengeli bir iş birliği ve yakınlaşmayı teşvik etmek için kritik bir fırsat sunuyor. AI'nın teknik yeteneklerinden ve kentsel bilimin toplumsal içgörülerinden yararlanarak, bu ortaklık etkiyi önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir

Her iki alanın da ele alınması, kentsel sorunlara yönelik daha kapsamlı ve etkili çözümlere yol açacaktır.

Kentsel bilimde yapay zekanın kullanılmasının zorlukları

Açıklanabilirlik ve anlaşılabilirlik

Yapay zekanın kentsel bilimdeki potansiyelini henüz tam olarak gerçekleştirememiş olmasının başlıca nedenlerinden biri, çıktısını EDUG'un temel bilimsel hedefleriyle uyumlu hale getirmenin zorluğudur. Geleneksel bilim, araştırmacıların olguları net bir şekilde açıklamalarına olanak tanıyan şeffaf, yorumlanabilir ve tekrarlanabilir modellere değer verir. Buna karşılık, birçok yapay zeka modeli, özellikle derin öğrenme modelleri, genellikle zayıf yorumlanabilirliğe sahip 'kara kutular' olarak görülür ve bu da tahminlerinin ardındaki mekanizmaları açıklamayı zorlaştırır. Bu, kentsel sorunların altında yatan nedenleri anlamının genellikle sonuçları basitçe tahmin etmekten daha önemli olduğu kentsel bilimdeki kullanışlılıklarını sınırlar. Ancak, çeşitli yapay zeka yaklaşımlarının var olduğunu ve bazı yapay zeka yaklaşımlarının veri odaklı olmaktan çok bilgi odaklı olduğunu belirtmek önemlidir. Örneğin, uzman sistem 1990'ların sonu ve 2000'lerin başında popüler bir yapay zeka yaklaşımıydı (Fox 1990; Liao2005; Rolston1988). Uzman sistemler normalde belirli bir alandaki uzmanların bilgisinden türetilen bir bilgi tabanı oluşturur ve daha sonra bu bilgiyi taklit etmek için bir çıkarım motoru kullanır.

uzmanların karar alma süreci (Tripathi) 2011). Bu nedenle, bilgi tabanlı AI yaklaşımları daha iyi açıklanabilirlik ve anlayış sunar. Son zamanlarda, AI yorumlanabilirlik zorluklarını ele almak ve kara kutu modellerini kademeli olarak 'kutudan çıkarmak' için çeşitli veri odaklı AI araçları ortaya çıktı. Shapley Eklmeli Açıklamalar (SHAP) gibi teknikler, özellik katkılarını ortaya çıkarır ve nöron görselleştirme, modellerin bilgileri nasıl işlediğini netleştirir. Son gelişmeler, karmaşık grafik sinir ağlarının kesin açıklamalarını bile mümkün kılarak AI modellerini kentsel bilimin yorumlanabilirlik ihtiyaçlarıyla birleştirir. Bu araçlar AI şeffaflığını artırarak araştırmacıların kentsel bağlamlardaki ampirik bulgularla uyumlu, eyleme geçirilebilir, insan merkezli içgörüler elde etmelerini sağlar. Yine de, bu gelişmelere rağmen, veri odaklı AI'nın kara kutu doğası yalnızca kısmen çözülmüş durumdadır. Bu kalan boşluk, yalnızca doğru tahminler değil, aynı zamanda kentsel dinamikleri şekillendiren temel süreçlere ilişkin içgörüler de sağlayan AI sistemleri geliştirmeye odaklanan 'Açıklanabilir Yeni Kentsel Bilim' ihtiyacını vurgulamaktadır. Bu, teknik yeniliği bilimsel netlik ve şeffaflık ihtiyacıyla dengeleyerek, yapay zeka araçlarının kentsel araştırmalara ve karar alma süreçlerine anlamlı bir şekilde katkıda bulunmasını sağlayacaktır.

Veri tedarik sorunları

Yapay zekanın hava durumu tahmini ve protein açılımı gibi alanlardaki başarısı, geniş ve yüksek kaliteli veri kümelerinin mevcudiyetine bağlanabilir. Bu alanlar, doğru ve ölçeklenebilir yapay zeka uygulamalarını destekleyen tutarlı ve bol miktarda yapılandırılmış veri akışına sahiptir. Öte yandan, kent bilimi parçalanmış, eksik veya tescilli veri kaynaklarıyla sınırlı olabilir. Gizlilik endişeleri, veri sahipliği sorunları ve kentsel ortamlarda veri toplamanın yüksek maliyeti, veri kümelerinin kalitesini ve mevcudiyetini sınırlar. Bu kısıtlamalar yapay zekanın ölçeklenebilirliğini engeller ve veri sınırlı kentsel bağlamlarda yapay zekanın kullanımıyla ilgili etik soruları gündeme getirir. Bu, yapay zekanın hava durumu tahmini gibi veri açısından zengin alanlar için olduğu kadar kent bilimi için de yararlı olup olmayacağı sorusunu gündeme getirir. Bu zorlukları ele almak için, aynı doğruluk düzeyine ulaşmak için gereken eğitim verisi boyutunu azaltmak amacıyla verilerin benzersiz özelliklerini (örneğin coğrafi verilerde mekansal otokorelasyon) kullanabilen yaklaşımlar geliştirmek kritik öneme sahiptir (Chen ve ark. 2024). Ayrıca, gizliliğe saygı gösteren, şeffaflığı teşvik eden ve araştırmacılar ile politika yapımcılar için verilere eşit erişimi garanti altına alan veri toplama için etik çerçeveler oluşturmak ve böylece kentsel ortamlarda yapay zekanın daha sorumlu ve kapsayıcı bir şekilde uygulanmasını teşvik etmek önemlidir.

Etik kaygılar ve güven

Yapay zekanın kentsel bağlamlardaki etik ve güven etkileri gizlilik ve önyargının ötesine geçer. Tahminlerdeki belirsizlik, farklı kentsel ortamlarda aktarılabilirliğin olmaması ve sonuçları şeffaf bir şekilde sunma zorluğu, yapay zeka sistemlerinin güvenilirliğini zayıflatır. Yapay zekanın kentsel bilimde değerli olabilmesi için, bilimsel yayının geleneksel normlarını karşılaması gerekir; sonuçlar, tekrarlanmaya izin verecek kadar şeffaflık ve ayrıntıyla sunulmalıdır. Bu şeffaflık olmadan, yapay zeka özellikle kamu politikası ve kentsel yönetimde, opak modellere dayalı kararların eşitsizlikleri derinleştirebileceği yerlerde güvensizliği artırma riski taşır. Bu nedenle, güven oluşturmak ve adaleti sağlamak için, şeffaflığı, hesap verebilirliği ve kapsayıcılığı önceliklendiren ve yapay zeka odaklı kararların çeşitli kentsel bağlamlarda eşitliği ve kamu güvenini teşvik etmesini sağlayan 'Sorumlu Yapay Zeka' gelişimine etik yönergeleri yerleştirmek esastır.

Teknik engeller

Kent bilimcileri genellikle yalnızca büyük veri yöntemleri konusunda değil, aynı zamanda doğa bilimlerinde daha yaygın olarak bulunan kodlama ve yoğun programlama becerileri konusunda da eğitimden yoksundur (Ye ve Rey 2013). Bu teknik alanlarda yeterlilik olmadan, kent bilimcileri gelişmiş hesaplama yöntemleriyle tam olarak etkileşime girmekte veya karmaşık AI modelleri geliştirmekte zorluk çekebilirler. Ek olarak, yüksek performanslı bilgi işlem kaynaklarına veya uzmanlaşmış AI uzmanlığına erişimin olmaması, kentsel araştırmalara son teknoloji yaklaşımları uygulama becerilerini daha da sınırlar. Bu beceri açığı, karmaşık kentsel zorlukları ele almada AI'nın tam potansiyelinin benimsenmesini engeller. Bu engeli aşmak için, kent bilimcilerinin veri bilimcileri ve AI uzmanlarıyla ortaklık kurduğu ve aynı zamanda teknik bilgi boşluklarını kapatan ve kentsel araştırma toplulukları içinde hesaplama okuryazarlığını genişleten hedefli eğitim programlarını dahil ettiği disiplinler arası iş birliğini teşvik etmek çok önemlidir.

Yapay zekanın kent bilimine katkıları

Yapay zekanın kentsel bilimde EDUG'a katkısı bir nebze sınırlı kalsa da, özellikle kentsel yönetim ve planlama için önemli bir vaat taşımaktadır; burada temel amaç, tüm temel karmaşıklıkları tam olarak kavramak anlamına gelmese bile, sistemleri verimlilik ve performans açısından optimize etmektir. Yapay zekanın, çok miktarda çok modlu veriyi işleme ve analiz etme yeteneği -

Ulaşım akışlarının sosyal medya etkileşimlerine yansımaları – şehir plancılarının ve politika yapımcıların daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir (Huang vd.2022). Bu noktaları açıklığa kavuşturmak için, aşağıdaki örnekler yapay zekanın kentsel bilim üzerindeki dönüştürücü etkisini göstermektedir.

Kentsel altyapı için öngörücü modelleme

Yapay zeka, trafik sistemlerini optimize ederek, kritik altyapının verimliliğini iyileştirerek ve çevresel izlemeyi geliştirerek şehirlerin kaynaklarını yönetme biçimini temelden yeniden şekillendiriyor. Uydu görüntüleri, ulaşım akışları, sensör verileri ve sosyal medya etkinliği dahil olmak üzere geniş, çok kaynaklı veri kümelerini işleme yeteneğiyle yapay zeka, şehir bilimcilerinin ve planlamacıların daha önce tespit edilmesi zor olan kalıpları ortaya çıkarmalarını ve eğilimleri tahmin etmelerini sağlar. Bu daha derin düzeydeki içgörü, şehirlerin yoğun saatlerde trafik sıkışıklığını yönetmekten aşırı hava olaylarının etkilerini tahmin etmeye kadar uzanan ortaya çıkan sorunları tahmin etmelerine ve bunlara yanıt vermelerine yardımcı olur (Ye ve diğerleri.2024). Gerçek zamanlı veri analizini etkinleştirerek, AI şehirlerin uyum sağlama ve dayanıklılığını artırarak, hızlı kentleşmeye, iklim değişikliğine ve diğer gelişen kentsel zorluklara daha etkili bir şekilde yanıt vermelerini sağlar. Sonuç olarak, kentsel sistemler yalnızca daha verimli ve sürdürülebilir olmakla kalmaz, aynı zamanda riskleri azaltma ve sakinlerin yaşam kalitesini artırma konusunda daha proaktif hale gelir (Fu ve diğerleri.2024; Wang ve diğerleri.2020).

Çok modlu kentsel verilerin işlenmesi

Veri ve modeller yapay zekanın iki temel bileşenidir. Yapay zekayı oluşturmak için yaygın olarak kullanılan veriler tablo verileri, resimler ve metinlerdir. Ancak, kentsel ortamlar coğrafi, sosyal ve altyapısal boyutları birleştiren karmaşık, heterojen veriler üretir. Yapay zekanın bu farklı veri akışlarını tutarlı bir modele entegre etme yeteneği, afet müdahalesi, halk sağlığı ve kentsel hareketlilik gibi alanlarda daha hızlı ve daha etkili karar almayı kolaylaştırabilir. Örneğin, doğal bir afet durumunda yapay zeka, hasarlı alanları değerlendirmek için coğrafi verileri, yardıma ihtiyaç duyan kişileri belirlemek için sosyal verileri ve kesintiye uğramış hizmetleri belirlemek için altyapısal verileri entegre edebilir ve böylece kaynakların daha verimli bir şekilde dağıtılmasını kolaylaştırır (Ye ve diğerleri.2023). Kentsel verilerin yapay zeka modellerine entegre edilmesi, yapay zeka sistemlerinin mevcut sınırlamalarının ötesine geçerek, kentsel yaşamın karmaşıklıklarını hesaba katan daha sağlam çok modlu yetenekler geliştirmesine yardımcı olur (Zhang vd., 2017).2024). Özetle, çok modlu kentsel veri uygulamaları, desen düzenliliğinin ilişkisel ve kolektif makine öğreniminin temel yeteneklerini geliştirebilir.

heterojen ve düzensiz veriler (Liang, Zadeh ve Morency)2024).

Bununla birlikte, AI'nın kentsel yönetim ve planlamaya katkılarının protein katlama veya hava durumu tahmini gibi alanlarda olduğu kadar derin olup olmayacağı konusunda önemli bir soru hala ortada duruyor. Cevap, özellikle veri kalitesi, yorumlanabilirlik ve etik kullanım konularında mevcut AI sistemlerinin sınırlamalarını ele almakta yatıyor.

Kent bilimi yapay zeka gelişimini nasıl şekillendirebilir?

Zorluklara rağmen, kent bilimi yapay zekaya önemli bir katkı sunar, yani 'bağlamsal farkındalık'. Kent bilimi yapay zekaya şehirlerin sosyokültürel ve ekonomik yapılarına dair derin içgörüler sağlar. Bu bağlamsal bilgileri dahil etmek yapay zeka modellerinin insan davranışlarını ve kentsel olguları daha iyi anlamasına ve yorumlamasına olanak tanır (Augusto2022).Bu, yapay zekanın farklı kentsel toplulukların benzersiz özelliklerine uyum sağlamasıyla birlikte halk sağlığı, kentsel hareketlilik ve sosyal hizmetler gibi alanlarda daha doğru tahminlere ve önerilere yol açar (Jiang vd.2023). Ayrıca, kent biliminin farklı ölçekler arasında sorunsuz bir şekilde gezinme becerisi - daha geniş şehir bağlamından belirli yerlere kadar - AI modellerinin verileri birden fazla düzeyde değerlendirmesini ve entegre etmesini sağlar. Bu çok ölçekli yaklaşım, AI'nın hem yerel olarak alakalı hem de küresel olarak bilgilendirilmiş çözümler sunabilmesini sağlayarak, karmaşık kentsel zorlukları hassasiyet ve uyarlanabilirlikle ele alma kapasitesini artırır (Li ve diğerleri.2024). Kent bilimcileri, kent yaşamını şekillendiren sosyo-kültürel, ekonomik ve çevresel karmaşıklıklar hakkında derin bir anlayışa sahiptir. Bu bağlamsal bilgiyi yapay zeka modellerine yerleştirerek, kent bilimi yapay zekayı daha sağlam, uyarlanabilir ve sosyal olarak duyarlı hale getirebilir (Chander ve diğerleri.2024).

İnsan dinamiklerini yerleştirmek

Kentsel bilimin insan davranışına odaklanması, AI sistemlerinin insanların kentsel altyapılarla nasıl etkileşime girdiğine daha uyumlu hale getirilmesi için hayati önem taşır. Örneğin, bir yandan insan dinamikleri araştırmalarından elde edilen içgörüler içeren AI modelleri daha doğru ve sosyal açıdan alakalı simülasyonlar yaratabilir (Shaw, Tsou ve Ye2016). Bu, kamu sağlığı sonuçlarını, kentsel hareketliliği ve sosyal hizmet sunumunu iyileştirmeye yardımcı olur. Öte yandan, yapay zeka sistemlerini insan dinamikleri altında araştırmak, beklenmedik farklılıklarda gezinmek ve yapay zeka sistemlerinin sağlığını güçlendirmek için sürekli öğrenme ve uyarlanabilir öğrenme yeteneklerinin geliştirilmesine ilişkin temel içgörüler sağlayabilir (Hadsell ve diğerleri.2020; Wu ve diğerleri.2024). Daha da önemlisi, teknoloji merkezli bir yapay zekadan,

kentsel bilimler de dahil olmak üzere sosyal bilimlere daha iyi hizmet etmek için insan merkezli bir yapay zeka. Shaw ve Sui (2019) insanları, yer ve mekanın dört birbiriyle ilişkili kavramı (yani mutlak uzayda konum, göreceli uzayda yerellik, ilişkisel uzayda kimlik ve zihinsel uzayda anlam) aracılığıyla dünyayla etkileşimde bulunan dinamik ve yaşayan varlıklar olarak merkeze koyan yeni bir CBSscience çerçevesi sunar. Mortaheb ve Jankowski (2023) akıllı şehir için GeoAI destekli, insan merkezli bir şehir planlama çerçevesi için savunuyor. Bu insan merkezli çerçeveler, insan dinamiklerini entegre etme ve AI'yı şehir bilimi için daha yararlı hale getirme konusunda büyük bir potansiyele sahip.

Karmaşık sistem analizini iyileştirme

Şehirler, çok sayıda birbirine bağlı bileşene sahip karmaşık sistemlerdir. Kent bilimi, yapay zekaya bu sistemleri daha etkili bir şekilde modellemek için gerekli çerçeveleri sağlar. Yapay zeka, kentsel bilimden metodolojileri entegre ederek, kentsel ortamlardaki karmaşık etkileşimleri daha iyi yönetebilir ve gerçek dünya karmaşıklığını ele alma kapasitesini geliştirebilir (Li, Batty ve Goodchild 2020). AI sistemleri, dinamik insan davranışını ve kentsel sistemlerin birbirine bağlı doğasını yakalamadaki zorluklar nedeniyle kentsel karmaşıklıkla mücadele ederken, güçleri iyi yapılandırılmış davranışsal verilerdeki kalıpları ortaya çıkarmakta yarar. Yüksek kaliteli verilerle AI, insanların ayırt etmesinin zor olabileceği eğilimleri ve ilişkileri etkili bir şekilde belirleyebilir ve değerli içgörüler sağlayabilir. Ancak, veri boşlukları, önyargılar ve sınırlı uyarlanabilirlik, AI'nın gelişen kentsel sorunları eşit bir şekilde ele almasını sağlamak için hala önemli zorluklar oluşturmaktadır (Palmini ve Cugurullo2023). Kentsel bilimi karmaşık sistemler perspektifinden incelemek, grafik yerleştirme, muhakeme, çıkarım ve topluluk tespiti dahil olmak üzere grafik makine öğrenme yeteneklerine dönüştürücü içgörüler sağlayabilir (Alexiadis2024).

Sorumlu AI gelişimini teşvik etmek

Kent bilimi, AI modellerinin şeffaf, hesap verebilir ve kapsayıcı olmasını sağlayarak AI'nın şehirlerde etik bir şekilde konuşlandırılmasına rehberlik edebilir. Kent bilimcileri, AI sistemlerinin yalnızca ayrıcalıklı azınlıklara değil, tüm kent sakinlerine fayda sağlamasını sağlayarak veri önyargısı, gizlilik ve adalet sorunlarını ele almak için benzersiz bir konumdadır (Sanchez, Brenman ve Ye2024). Yerel yönetim sorumlu AI sistemleri gibi etik AI odaklı kentsel sistemleri tasarlamak, geliştirmek ve dağıtmak, önyargı tespiti ve azaltma, adil karar alma, şeffaflık, açıklanabilirlik, gizlilik koruması ve kapsayıcılık gibi uygulamaları hayata geçirmek için kritik bir platform görevi görür. Bu çabalar

Teknolojik yenilikleri insan değerleriyle uyumlu hale getirmeyi, sorumlu yapay zeka yapılarının kentsel yönetim ve planlamaya etkili bir şekilde entegre edilmesini sağlamayı hedefliyoruz (Cheng, Varshney ve Liu2021; Wang, Lu ve Fu2023; Yiğitcanlar ve ark.2024).

Yeni kent bilimi: Yapay zeka ile kent bilimi arasında simbiyotik bir ilişki

Yapay zeka ile kent bilimi arasındaki simbiyoz, modern kentsel ortamların karmaşık zorluklarını ele almak için güçlü bir fırsat sunuyor (Şekil 1). Yapay zekanın büyük ölçekli veri analizi ve öngörücü modelleme kapasitesi, kentsel yönetimde inovasyonu hızlandırabilirken, kent bilimi yapay zeka sistemlerinin sosyal olarak duyarlı, bağlamsal olarak temellendirilmiş ve etik olarak sağlam kalmasını sağlar. Yeni Kentsel Bilim olarak adlandırılan bu alanların bir araya gelmesi, 21. yüzyılın küresel zorluklarına uyum sağlayabilen daha akıllı, daha sürdürülebilir ve daha eşitlikçi şehirler yaratma potansiyeline sahiptir.

Doğal ve sosyal bilimler arasındaki boşluğu benzersiz bir şekilde kapatan kent bilimi, kendi alanını ilerletirken yapay zekanın katkılarını yükseltmek için önemli bir konuma sahiptir. Disiplinler arası yapısı, kent biliminin karmaşık kentsel zorlukları ele almada yapay zekayı kullanmasına olanak sağlamakla kalmayıp aynı zamanda önemli sosyal, mekansal ve çevresel boyutları algoritmik çerçevelere entegre ederek yapay zekanın evrimini yönlendirmesini de sağlar (Goodchild ve Li2021). Şehirlerin giderek daha fazla veri odaklı ve teknolojik olarak karmaşık hale geldiği bir çağda, şehir biliminin yapay zekanın yörüngesini şekillendirme potansiyeli vardır ve bu, iki alan arasında daha derin bir iş birliğini teşvik etmek için harika bir an haline gelir. Birlikte, iklim dayanıklılığı, adil altyapı ve sosyal uyum gibi acil kentsel sorunlara yenilikçi yaklaşımların kilidini açabilirler (Son ve diğerleri.2023).

Bununla birlikte, bu ilişkinin gelişmesi için temel engellerin ele alınması gerekir - veri tedarik sorunları, etik kaygılar ve AI geliştirmede daha fazla şeffaflığa ihtiyaç duyulması. Bu ilişkinin karşılıklı faydaları veya belki de daha doğru bir ifadeyle simbiyoz önemlidir. AI, özellikle büyük veri analizi, öngörücü modelleme ve coğrafi simülasyon kapasitesi aracılığıyla kentsel bilime araştırmayı ölçeklendirme ve geliştirme için güçlü araçlar sunar. AI'nın öngörücü yeteneklerinden yararlanarak, kentsel bilim, çeşitli GeoAI ve Kentsel AI uygulamalarını kullanarak - trafik yönetimi, kaynak dağıtımı ve çevresel sürdürülebilirlik gibi kritik alanları daha iyi optimize edebilir (Marasinghe ve diğerleri.2024). Aynı zamanda, kentsel bilimin gerçek dünyadaki karmaşıklıklarının uygulanması, yapay zeka gelişimini bilgilendirebilir, onu daha sosyal olarak bilinçli, bağlamsal olarak temellendirilmiş, sorumlu ve

çok yönlü ve karmaşık kentsel sorunları çözmeye yeteneğine sahip. Bu simbiyoz, yalnızca verimli ve yenilikçi değil, aynı zamanda küresel zorluklar karşısında kapsayıcı ve sürdürülebilir şehirler inşa etmek için hayati öneme sahiptir. Yapay zekayı içeren işbirlikçi bir yaklaşım, tüm toplulukların ihtiyaçlarını karşılayan dayanıklı kentsel ortamlar oluşturma için anahtarıdır.

Yapay Zeka bilim insanları ve kentsel araştırmacılar arasında daha güçlü bir iş birliğini teşvik ederek, Yeni Kentsel Bilim dönüştürücü içgörülerin kilidini açabilir ve küresel olarak kentsel topluluklara fayda sağlayan yenilikçi çözümler üretebilir. Şehirlerin geleceği yalnızca yapay zekanın teknik becerisine değil, aynı zamanda kentsel bilimin sağladığı toplumsal anlayışa ve etik hususlara da dayanacaktır. Yapay zeka ve kentsel bilimin kesişimi, aşağıda açıklandığı gibi her iki alanı da ilerletmek için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Kentsel bilim için yapay zeka

Kentsel dijital ikizler

Kentsel dijital ikizler (fiziksel kentsel ortamların sanal kopyaları), yapay zeka-kentsel bilim iş birliği için bir platform olarak muazzam bir potansiyel sunmaktadır (Ulusal Bilimler, Mühendislik ve Tıp Akademileri)²⁰²³Sensörlerden, Nesnelerin İnterneti cihazlarından, uydu görüntülerinden ve sosyal medyadan gelen gerçek zamanlı verileri entegre ederek dijital ikizler, karmaşık kentsel dinamikleri simüle edip tahmin ederek kentsel planlama, ulaşım ve halk sağlığı için kritik içgörüler sağlar (Ye ve diğerleri).²⁰²³). Etkilerini en üst düzeye çıkarmak için, bu modeller yalnızca fiziksel altyapıyı değil aynı zamanda insan davranışını ve sosyal süreçleri de yansıtacak şekilde ortak öğrenmeyi ve ortak tasarımı benimsemelidir. Ortak tasarım süreci, paydaşları (kent planlamacıları, yapay zeka geliştiricileri ve topluluklar) içerir ve bu araçların çeşitli nüfusların ihtiyaçlarını karşılamasını sağlar. Sürekli ortak öğrenme, dijital ikizlere yerleştirilmiş yapay zekanın etik standartları korunurken yeni verilere ve kentsel dinamiklere uyum sağlayarak evrimleşmesine olanak tanır.

Üretken AI ve büyük dil modelleri

Generative AI ve büyük dil modellerinin (LLMs) entegrasyonu, özellikle ekonomik olarak dezavantajlı ve marjinal gruplar için kentsel modellere erişilebilirliği devrim niteliğinde değiştiriyor. Bu AI teknolojileri, karmaşık kentsel verileri daha sezgisel ve erişilebilir biçimlerde sunarak veri anlayışını geliştiriyor ve böylece toplulukların fikir aşamasından tasarım aşamalarına kadar kentsel planlamaya katılmasını sağlıyor. Generative AI ve LLMs ayrıca kentsel veri asimilasyonunu ve yorumlamasını zenginleştirerek önemli ölçüde katkıda bulunuyor. Uydu görüntüleri, sensörler gibi kaynaklardan gelen geniş veri akışlarını sentezleyerek,

sosyal medya ve tarihi kayıtlar, bu modeller kentsel alanların akışkan doğasını yakalayan dinamik simülasyonları kolaylaştırır. Bu yetenek yalnızca gelecekteki kentsel senaryoları tahmin etmeye yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda geleneksel modellerde genellikle göz ardı edilen belirsizlikleri ve çevresel değişkenliği ele alan daha insan merkezli bir bakış açısı da içerir. Dahası, LLM'lerin konuşma yetenekleri kentsel bilimi daha katılımcı hale getirir ve paydaşların kentsel verileri doğal dilde sorgulamasına, analiz etmesine ve görselleştirmesine olanak tanır. Bu, çeşitli bakış açıları ve topluluk ihtiyaçları göz önünde bulundurularak veriye dayalı kararların hızla alınabileceği daha kapsayıcı, şeffaf ve işbirlikçi bir kentsel planlama sürecini teşvik eder. Daha doğru, kapsayıcı ve sürdürülebilir karar almayı teşvik ederek, bu AI yenilikleri kentsel bilimin farklı kentsel nüfusların karşılaştığı zorluklara karşı adil, uyarlanabilir ve duyarlı kalmasını sağlamaya yardımcı olur (Du ve diğerleri, 2011).²⁰²⁴).

Yapay zeka için kentsel bilim

Yapay Zeka ve Kentsel Tasarım

Kentsel bilim, özellikle kentsel tasarım, AI algoritması optimizasyonunu yönlendiren yapılandırılmış çerçeveler sunarak AI sistemlerini iyileştirmede önemli bir rol oynar. Gerçek dünyadaki kentsel vakalar, AI'nın tahmin modellerini ve karar alma süreçlerini geliştirmeye yardımcı olan değerli veriler sağlar (De Silva ve Alahakoon²⁰²²). Örneğin, kentsel tasarım çerçeveleri, yapay zeka sistemlerinin gerçek dünya bağlamlarında uygulama yoluyla öğrenmesine ve gelişmesine olanak tanıyan karmaşık senaryolar sunar. Karşılığında, yapay zeka, kentsel büyüme, çevresel etki ve insan davranışı hakkında bilinçli kararlar almalarına yardımcı olan gelişmiş veri analitiği ve öngörücü modelleme araçları sunarak kentsel bilimi destekler (Batty²⁰²¹). Bu karşılıklı ilişki, hem verimli hem de sürdürülebilir kentsel ortamların gelişimini teşvik eder ve insan ihtiyaçlarını çevresel yöneticilikle dengeler (Steinitz²⁰²⁰).

Etik AI geliştirme

Kent bilimi, önyargı, gizlilik ve eşitsiz erişim gibi etik kaygıları ele alarak sorumlu AI gelişimini şekillendirmede önemli bir rol oynar. Eşitlik, sürdürülebilirlik ve kamu katılımı gibi ilkelere öncelik vererek, kent bilimi AI teknolojilerinin sosyal adaleti teşvik eden şekillerde tasarlanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Kent bilim insanları AI karar alma sürecinde şeffaflık, kapsayıcı verilerin kullanımı ve bireysel gizliliğin korunmasını savunur. Bu etik çerçeve yalnızca kamu güvenini oluşturmaya yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda AI sistemlerinin adalet, kapsayıcılık ve

Sürdürülebilirlik, yapay zekayı olumlu dönüşüm için bir araç haline getirmek (Li, Yiğitcanlar, Browne, vd.)[2023](#); Yiğitcanlar ve ark.[2021](#)).

İstenilen kentsel sonuçlar için sorumlu yapay zeka

Kentsel bağlamlarda, sorumlu AI geliştirme zarar azaltmanın ötesine geçer; olumlu toplumsal sonuçları teşvik eden AI sistemlerini proaktif olarak tasarlamaya odaklanır. Kent bilimi, etik ilkeleri AI geliştirmeye yerleştirmede önemli bir rol oynar ve bu sistemlerin salt teknolojik verimlilikten ziyade insan merkezli hedeflere öncelik vermesini sağlar. Bu, algoritmik önyargıya karşı koruma sağlamayı, AI odaklı kararlarda hesap verebilirliği sağlamayı ve AI sistemlerini kentsel nüfusların çeşitli ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlamayı içerir. Etiği AI inovasyonunun merkezine yerleştirerek, kent bilimi eşitlikçi kentsel gelişimi destekler ve toplumsal refahı artıran AI teknolojilerini teşvik eder (Li, Yiğitcanlar, Nili, vd.)[2023](#)).

Sonuç olarak;

Yapay zeka bilimsel araştırmaları dönüştürmeye devam ederken, sosyal bilimlerin -ve özellikle kent biliminin- yörüngesini şekillendirmede aktif bir rol alması hayati önem taşımaktadır. Özellikle hesaplama gücü ve makine öğrenimindeki son gelişmeler, yeni analitik yeteneklerin kilidini açarak kent biliminde devrim yaratmaktadır. Bu teknolojiler daha sofistike modelleme, gerçek zamanlı veri analizi ve öngörücü içgörüler sağlayarak karmaşık kent sistemlerinin daha iyi anlaşılmasını ve yönetilmesini sağlar. Ancak, yapay zekayı toptan benimsemeden önce, öncelikle yapay zekanın kent biliminin temel hedefleri olan EDUG'a neden ve nasıl katkıda bulunabileceğini açıkça ifade etmeliyiz. Sorumlu yapay zeka ve kent biliminin bir araya gelmesi -bizim dediğimiz gibi, sorumlu yapay zeka ve kent biliminin simbiyozu veya Yeni Kent Bilimi- modern kent ortamlarının karmaşık zorluklarını ele almak için güçlü bir fırsat sunmaktadır.

Başka bir deyişle, AI kentsel karmaşıklıklarla başa çıkmak için veri odaklı içgörülerden yararlanarak şehirlerin daha akıllı, daha sürdürülebilir ve daha eşitlikçi olmasına yardımcı olarak kentsel bilim için dönüştürücü araçlar sağlar. Bununla birlikte, AI kentsel yönetim ve planlama için büyük bir potansiyele sahip olsa da, bilgi odaklı ve veri odaklı AI yaklaşımlarının farkında olmak ve özellikle bilimsel açıklama ve şeffaflıktaki mevcut sınırlamalarını tanımak önemlidir. Dahası, AI'yı genel olarak sosyal bilimlerle ve özel olarak kentsel bilim için daha alakalı ve yararlı hale getirmek için hem teknoloji merkezli AI'yı hem de insan merkezli AI'yı dikkate almamız gerekir. Bu zorluklar, uygulanırken dikkatli bir şekilde değerlendirme ihtiyacının altını çizer

Kentsel bağlamlarda yapay zekanın, geleneksel sorgulama yöntemlerinin yerini almak yerine, onu tamamlamasını sağlamak.

Veri kullanılabilirliği ve kalitesi bu birleşimde önemli zorluklar sunar. Yapay zeka ile kent bilimi arasındaki engelleri aşmak için işbirlikçi platformlar olmazsa olmazdır. Bu platformlar sentetik veri paylaşımını kolaylaştırır ve kent bilimcileri ile yapay zeka araştırmacılarının birlikte çalışmasını sağlar. Verilerin bol olduğu hava tahmini gibi alanların aksine, kent bilimi gizlilik, maliyet ve mülkiyet sahipliğiyle ilgili benzersiz kısıtlamalarla karşı karşıyadır. Yapay zeka tarafından üretilen sentetik veriler gerçek zamanlı veri kümelerinden yoksun kentsel alanlara yardımcı olabilirken, araştırma geçerliliği ve yeniden üretilebilirliği için çıkarımları dikkatlice düşünmeliyiz. Bu, ortak öğrenmeyi teşvik eder ve karar alma için daha doğru kentsel modellere yol açar (Batty[2023](#)).

Ortak öğrenme ağları, yapay zeka ile kent bilimi arasındaki iş birliğini teşvik etmek için çok önemlidir. Bu ağlar, her iki alandan uzmanları bir araya getirerek geleceğin araştırmacılarını disiplinler arası uzmanlıkla donatır. Eğitim programları yalnızca teknik entegrasyonu değil, aynı zamanda gizlilik ve önyargının ötesinde belirsizlik, şeffaflık ve güvenin ele alınması gibi kritik etik hususları da vurgulamalıdır. Gerçek dünya projeleri aracılığıyla, akademisyenler yapay zekayı kent bilimiyle bütünleştirmeyi öğrenebilir, iş birliklerinin sosyal olarak bilgilendirilmiş ve teknik olarak gelişmiş olmasını sağlayabilirler. Yapay zeka uygulamalarında yeniden üretilebilirlik ve şeffaflık için bilimsel normların oluşturulmasına özel dikkat gösterilmelidir (Yiğitcanlar, Agdas ve Degirmenci[2023](#)).

Yapay zekanın kentsel bilimi protein katlama veya hava durumu tahmini gibi alanlarda olduğu kadar dramatik bir şekilde dönüştürebileceğini kabul ederken, mevcut durum yapay zeka ile sosyal bilimler arasındaki ilişkinin yeniden kalibre edilmesini, daha bütünlük ve karşılıklı olarak zenginleştirici bir ortaklığın savunulmasını gerektiriyor. Yapay zekanın teorik ve pratik uygulamalarını kentsel bilimle ilerletmekle birlikte, sınırlamalarını ve etik etkilerini aklımızda tutarak, her iki alanın etkisini artırabiliriz. Bu bağlamda, Yeni Kentsel Bilim kentsel alanların dinamiklerine dönüştürücü içgörüler sunuyor ve daha akıllı, daha sürdürülebilir ve daha eşitlikçi şehirler için yolu açıyor.

Bu fikir yazısında, AI'nın kentsel bilimi ve uygulamalarını dönüştürmedeki artan önemini, yani AI'nın kentsel bilim için neden önemli olduğunu ele alıyoruz. Şehirler giderek daha karmaşık ve veri odaklı hale geldikçe, AI altyapı ve ulaşımdan sürdürülebilirliğe ve halk sağlığına kadar kentsel sistemleri analiz etmek, tahmin etmek ve optimize etmek için benzeri görülmemiş fırsatlar sunuyor. Ancak, AI'nın kentsel bilimdeki tam potansiyelini gerçekleştirmek yalnızca teknolojik benimsemeyi değil; AI'nın kentsel planlama, yönetim ve toplumsal bağlamlara nasıl entegre edilebileceğine dair ayrıntılı bir anlayış gerektiriyor. Bu simbiyotik

etik, sosyal ve pratik çıkarımların düşünceli bir şekilde ele alınmasıyla ilişki. Bunu yaparak, gelecek için daha akıllı, daha sürdürülebilir ve dayanıklı şehirler yaratmak için AI'nın dönüştürücü yeteneklerini açığa çıkarabiliriz.

Açıklama beyanı

Yazar(lar) tarafından herhangi bir çıkar çatışması potansiyeli bildirilmemiştir.

Finansman

Çalışma Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi [80NSSC22KM0052] ve Ulusal Bilim Vakfı [2401860, 2430700] tarafından desteklenmiştir.

Referanslar

- Aleksiadis, V.2024. *Grafik Tabanlı Makine Öğrenmesi: Uygulamalar, Zorluklar ve Vaka Çalışması*.
- Augusto, JC2022. "Bağlamlar ve Bağlam Farkındalığı Akıllı Ortamlar Perspektifinden Yeniden Gözden Geçirildi." *Uygulanan Yapay Zeka*36 (1): 2008644.<https://doi.org/10.1080/08839514.2021.2008644>.
- Yarasa, M.2021. "Dijital Çağda Eğitim Planlaması." *Çevre ve Planlama B: Kentsel Analitik ve Şehir Bilimi*48 (2): 207–211.<https://doi.org/10.1177/2399808321994936>.Batty, M.2023. "Kentsel Yapay Zekanın Ortaya Çıkışı ve Evrimi." *Yapay Zeka & Toplum*38 (3): 1045–1048.<https://doi.org/10.1007/s00146-022-01528-6>.
- Chander, B., C. John, L. Warriar ve K. Gopalakrishnan.2024. "Açıklanabilirlik ve Sağlamlık Bağlamında Güvenilir Yapay Zeka (TAI)'ya Doğru." *ACM Hesaplama Anketleri*57 (6): 1–49.<https://doi.org/10.1145/3675392>. Chen, T., W. Tang, C. Allan ve SE Chen.2024. "Açık "Coğrafi Nesne Algılama için 3B Derin Öğrenmede Mekansal Otokorelasyonun Dahil Edilmesi." *Amerikan Coğrafyacılar Derneği Yıllıkları*114 (10): 1–20.<https://doi.org/10.1080/108024694452.2024.2380898>.
- Cheng, L., KR Varshney ve H. Liu.2021. "Sosyal Sorumluluk Yapay Zeka Algoritmaları: Sorunlar, Amaçlar ve Zorluklar." *Yapay Zeka Araştırmaları Dergisi*71:1137–1181.<https://doi.org/10.1613/jair.1.12814>.
- De Silva, D. ve D. Alahakoon.2022. "Yapay Zeka Yaşam Döngüsü: Tasarımdan Üretime." *Desenler*3 (6): 100489.<https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100489>. Du, J., X. Ye, P. Jankowski, TW Sanchez ve G. Mai.2024. "Yapay Zeka Destekli Katılımcı Planlama: Bir İnceleme." *Uluslararası Kentsel Bilimler Dergisi*28 (2): 183–210.<https://doi.org/10.1080/108012265934.2023.2262427>. Tilki, MS1990. "Yapay Zeka ve Uzman Sistem Mitleri, Efsaneleri ve Gerçekler." *IEEE Uzman*5 (1): 8–20.<https://doi.org/10.1109/64.50853>.
- Fu, J., H. Han, X. Su ve C. Fan.2024. "İnsan-AI'ya Doğru Önceden Eğitilmiş Büyük Dil Modelleri Tarafından Etkinleştirilen İşbirlikçi Kentsel Bilim Araştırması." *Kentsel Bilişim*3 (1): 8.<https://doi.org/10.1007/s44212-024-00042-y>.
- Goodchild, MF ve W. Li.2021. "Uzay Boyunca Çoğaltma ve "Sosyal ve Çevresel Bilimlerde Zaman Zayıf Olmalı." *Ulusal Bilimler Akademisi Bildirileri* 118 (35): e2015759118.<https://doi.org/10.1073/pnas.2015759118>.
- Hadsell, R., D. Rao, AA Rusu ve R. Pascanu.2020. "Kucaklamak Değişim: Derin Sinir Ağlarında Sürekli Öğrenme." *Bilişsel Bilimlerdeki Eğilimler*24 (12): 1028–1040.<https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.09.004>.
- Huang, X.2024. "Hesaplamalı Kentsel Bilimin Gitmesi Gerekliyor "Hesaplamanın Ötesinde." *Hesaplamalı Kentsel Bilim*4 (1): 1–5.<https://doi.org/10.1007/s43762-024-00130-4>. Huang, X., S. Wang, M. Zhang, T. Hu, A. Hohl, B. She ve Z. Li. 2022. "COVID-19 Bağlamında Sosyal Medya Madenciliği: İlerleme, Zorluklar ve Fırsatlar." *Uluslararası Uygulamalı Dünya Gözlem ve Jeoinformasyon Dergisi*113:102967. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102967>. Jiang, N., X. Liu, H. Liu, E. Lim, C. Tan ve J. Gu.2023. "Öte Yapay Zeka Destekli Bağlam Farkında Hizmetler: İnsan-Yapay Zeka İşbirliğinin Rolü." *Endüstriyel Yönetim ve Veri Sistemleri*123 (11): 2771–2802.<https://doi.org/10.1108/IMDS-03-2022-0152>.
- Karvonen, A., V. Cvetkovic, P. Herman, K. Johansson, H. Kjellström, M. Molinari ve M. Skoglund.2021. "Yeni Kentsel Bilim: Sürdürülebilir Dönüşümlerin Disiplinlerarası ve Disiplinlerarası Peşinde" *Kentsel Dönüşümler*3 (1): 1–13.<https://doi.org/10.1186/s42854-021-00028-y>.
- Li, W., S. Arundel, S. Gao, M. Goodchild, Y. Hu, S. Wang ve A. Sıkıştır.2024. "Bilim için GeoAI ve GeoAI Bilimi." *Mekansal Bilgi Bilimi Dergisi*29 (29): 1–17.<https://doi.org/10.5311/JOSIS.2024.29.349>.
- Li, W., M. Batty ve MF Goodchild.2020. "Gerçek Zamanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri Akıllı Şehirler." *Uluslararası Coğrafi Bilgi Bilimi Dergisi*34 (2): 311–324.<https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1673397>.
- Li, W., T. Yiğitcanlar, W. Browne ve A. Nili.2023. "Yapım Sorumlu Yenilik ve Teknoloji: Genel Bir Bakış ve Çerçeve." *Akıllı Şehirler*6 (4): 1996–2034.<https://doi.org/10.3390/smartcities6040093>.
- Li, W., T. Yiğitcanlar, A. Nili ve W. Browne.2023. "Teknoloji devleri" Sorumlu Yenilik ve Teknoloji Stratejisi: Uluslararası Bir Politika İncelemesi." *Akıllı Şehirler*6 (6): 3454–3492. <https://doi.org/10.3390/smartcities6060153>.
- Liang, PP, A. Zadeh ve LP Morency.2024. "Vakıflar ve Çok Modlu Makine Öğrenmesinde Trendler: İlkeler, Zorluklar ve Açık Sorular." *ACM Hesaplama Anketleri*56 (10): 1–42.<https://doi.org/10.1145/3676164>.
- Liao, SH2005. "Uzman Sistem Metodolojileri ve Uygulamalar—1995'ten 2004'e On Yıllık Bir İnceleme." *Uygulamalı Uzman Sistemler*28 (1): 93–103.<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2004.08.003>.
- Uzun, Y.2019. "(Yeni) Kent Bilimi: "Yeni" Kentleri İncelemek Yeni Veriler, Yöntemler ve Teknolojilerle." *Peyzaj Mimarisi Sınırları*7 (2): 8–21.<https://doi.org/10.15302/J-LAF-20190202>.
- Marasinghe, R., T. Yiğitcanlar, S. Mayere, T. Washington, ve Bay Uzu.2024. "Sorumlu Kentsel Coğrafi Bilgi Yapay Zekasına Doğru: Beyaz ve Gri Literatürlerden İçgörüler." *Coğrafi Görselleştirme ve Mekansal Analiz Dergisi*2 (2): 24.<https://doi.org/10.1007/s41651-024-00184-2>.
- Mortahab, R. ve P. Jankowski.2023. "Akıllı Şehir Yeniden Tasarlandı: Büyük Veri Çağında Şehir Planlama ve GeoAI." *Kentsel Yönetim Dergisi*12 (1): 4–15.<https://doi.org/10.1016/j.tem.2022.08.001>.

Ulusal Bilimler, Mühendislik ve Tıp Akademileri.

2023. *Dijital İkizler İçin Temel Araştırma Boşlukları ve Gelecekteki Yönlendirmeler*. Washington, DC: Ulusal Akademiler Yayınları. <https://doi.org/10.17226/26894>.

Palmini, O. ve F. Cugurullo.2023. "Yapay Zeka Kentselliğinin Haritasını Çıkarmak:

Kentsel Yapay Zekanın Kavramsal Kaynakları ve Mekansal Etkileri." *Yapay Zekayı Keşfedin*3 (1): 15. <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00060-w>. Rolston, DW1988.

Yapay Zeka ve Uzmanlık Prensipleri

Sistem Geliştirme. New York, NY, ABD: McGraw-Hill, Inc.

Sanchez, TW, M. Brenman ve X. Ye.2024. "Etik Kentsel Planlamada Yapay Zekanın Endişeleri." *Amerikan Planlama Derneği Dergisi*. 1–14. <https://doi.org/10.1080/01944363.2024.2355305>.

Shaw, SL ve D. Sui.2019. "Yeni İnsanı Anlamak Akıllı Mekânlar ve Yerlerdeki Dinamikler: Splatial Bir Çerçeveye Doğru." *Amerikan Coğrafyacılar Derneği Yıllıkları*10 (2): 339–348. <https://doi.org/10.1080/24694452.2019.1631145>.

Shaw, SL, MH Tsou ve X. Ye.2016. "İnsan Dinamikleri Mobil ve Büyük Veri Çağı." *Uluslararası Coğrafi Bilgi Bilimi Dergisi*30 (9): 1687–1693. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1164317>.

Son, TH, Z. Weedon, T. Yiğitcanlar, T. Sanchez, J. Corchado, ve R. Mahmood.2023. "Akıllı ve Sürdürülebilir Kalkınma için Algoritmik Kentsel Planlama: Literatürün Sistemik İncelemesi." *Sürdürülebilir Şehirler ve Toplum*94:104562. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104562>.

Steinitz, C.2020. "Peyzaj Mimarlığı Eğitimi ve Mesleki Uygulama ve Gelecekteki Zorlukları." *Toprak* 9 (7): 228. <https://doi.org/10.3390/land9070228>. Tripathi, KP2011. "Bilgi Tabanlı Uzmanlık Üzerine Bir İnceleme Sistem: Kavram ve Mimari." *Yapay Zeka Teknikleri-Yeni Yaklaşımlar ve Pratik Uygulamalar Konulu IJCA Özel Sayısı*4:19–23.

Wang, D., CT Lu ve Y. Fu.2023. "Otomatik Kentsel Yaşama Doğru" Planlama: Üretken ve Sohbet Benzeri Yapay Zekanın Şehir Planlamasıyla Buluşması." *arXiv ön baskı arXiv:2304.03892*.

Wang, T., W. Yue, X. Ye, Y. Liu ve D. Lu.2020. "Yeniden Değerlendirme Çok Merkezli Kentsel Yapı: İşlevsel Bağlantı Perspektifi." *Şehirler*101:102672. <https://doi.org/10.1016/j.sehirler.2020.102672>.

Wu, M., X. Zheng, Q. Zhang, X. Shen, X. Luo, X. Zhu ve S. Pan. 2024. "Dağıtım Kaymaları Altında Grafik Öğrenme: Alan Uyarlaması, Dağıtım Dışı ve Sürekli Öğrenme Üzerine Kapsamlı Bir Araştırma." *arXiv ön baskı arXiv:2402.16374*.

Ye, X. ve C. Andris.2021. "Uzamsal Sosyal Ağlar Coğrafi Bilgi Bilimi." *Uluslararası Coğrafi Bilgi Bilimi Dergisi*35 (12): 2375–2379. <https://doi.org/10.1080/13658816.2021.2001722>.

Ye, X., J. Du, Y. Han, G. Newman, D. Retchless, L. Zou ve Z. Cai. 2023. "Toplumsal Altyapı Dayanıklılığı için İnsan Merkezli Kentsel Dijital İkizlerin Geliştirilmesi: Bir Araştırma Gündemi." *Planlama Edebiyatı Dergisi*38 (2): 187–199. <https://doi.org/10.1177/08854122221137861>.

Ye, X., S. Li, S. Das ve J. Du.2024. "Rota Seçimini Geliştirmek "Uzamsal Karar Destek Sistemlerine Gerçek Zamanlı Hava Durumu Verilerinin Entegrasyonu ile." *Mekansal Bilgi Araştırması* 32 (4): 373–381. <https://doi.org/10.1007/s41324-023-00564-8>. Ye,

X. ve S. Rey.2013. "Keşifsel Uzak-Zaman İçin Bir Çerçeve Ekonomik Verilerin Analizi." *Bölgesel Bilim Yıllıkları*50 (1): 315–339. <https://doi.org/10.1007/s00168-011-0470-4>.

Yiğitcanlar, T., D. Ağdaş ve K. Değirmenci.2023. "Yapay Yerel Yönetimlerde Zekâ: Kent Yöneticilerinin Beklentiler, Kısıtlamalar ve Seçeneklere İlişkin Algıları." *Yapay Zeka ve Toplum*38 (3): 1135–1150. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01450-x>.

Yiğitcanlar, T., J. Corchado, R. Mahmood, R. Li, K. Mossberger, ve K. Desouza.2021. "Yerel Yönetim Yapay Zekasıyla Sorumlu Kentsel Yenilik: Kavramsal Bir Çerçeve ve Araştırma Gündemi." *Açık İnovasyon Dergisi: Teknoloji, Pazar ve Karmaşıklık*7 (1): 71. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010071>.

Yiğitcanlar, T., A. David, W. Li, C. Fookes, S. Bibri ve X. Ye. 2024. "Yerel Yönetimlerde Yapay Zeka Benimsenmesinin Kilidini Açmak: Gerçek Dünya Uygulamalarından En İyi Uygulama Dersleri." *Akıllı Şehirler*7 (4): 1576–1625. <https://doi.org/10.3390/smartcities7040064>.

Zhang, W., J. Han, Z. Xu, H. Ni, H. Liu ve H. Xiong.2024. "Kentsel Genel Zekaya Doğru: Kentsel Temel Modellerinin İncelenmesi ve Görünümü." *arXiv ön baskı arXiv:2402.01749*.