

## Araştırma Makalesi

# Yapay Zekâ ve Yeşil Ulaşım Birlikteliğinin Kente Etkileri

Berna Mumcu<sup>1,\*</sup>, H. Filiz Alkan Meşhur<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Şehir ve Bölge Planlama ABD, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya Teknik Üniversitesi,  
Konya, Türkiye

<sup>2</sup> Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi,  
Konya, Türkiye

\*Correspondence: [hfmeshur@ktun.edu.tr](mailto:hfmeshur@ktun.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1529225

**Özet:** Bu çalışma, yapay zekâ ve yeşil ulaşım entegrasyonunun kentlerin sürdürülebilirlik, güvenlik ve verimliliğe nasıl katkıda bulunduğunu incelemektedir. Ulaşımın enerji tüketimi ve karbon emisyonları üzerindeki etkileri dikkate alındığında, yapay zekâ destekli sistemler şehir içi trafiği yönetme, enerji verimliliğini artırma ve karbon salınımını azaltma potansiyeli sunmaktadır. Yapay zekâ tabanlı akıllı ulaşım sistemleri; trafik sıkışıklığını azaltmak, toplu taşımayı optimize etmek ve çevre dostu ulaşımı teşvik etmek amacıyla kullanılmaktadır. Çalışmada, Türkiye ve dünya genelinden örnekler üzerinden bu entegrasyonun uygulama biçimleri ve kentlere etkileri analiz edilmiştir. Otonom araç teknolojileri ve akıllı trafik yönetim sistemleri sayesinde trafik kazalarının azalması, enerji tüketiminin optimize edilmesi ve çevresel etkilerin azaltılması sağlanabilmektedir. Yeşil ulaşım araçları, bireysel araç kullanımına alternatif oluşturarak kentlerin çevresel sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır. Bu sistemlerin etkin uygulanabilmesi için Yapay Zekâ Tabanlı Ulaşım Modeli geliştirilmiş ve sistemler arası etkileşim incelenmiştir. Bulgular, yapay zekâ ve yeşil ulaşım entegrasyonunun şehirleri daha çevreci, güvenli ve verimli kılabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, yeşil ulaşımın tarihçesi, teknolojik gelişmeler ve toplumsal farkındalığın gelecekteki önemi de ele alınmıştır. Makalenin sonuçları, yapay zekâ ve yeşil ulaşım entegrasyonu ile daha sürdürülebilir, verimli ve çevre dostu şehirler yaratılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay zekâ, yeşil ulaşım, akıllı ulaşım sistemleri

## The Impact of the Integration of Artificial Intelligence and Green Transportation on Cities

**Abstract:** This study examines how the integration of artificial intelligence (AI) and green transportation contributes to the sustainability, safety, and efficiency of cities. Considering the impact of transportation on energy consumption and carbon emissions, AI-supported systems offer potential for managing urban traffic, enhancing energy efficiency, and reducing carbon output. AI-based intelligent transportation systems aim to reduce traffic congestion, optimize public transportation, and promote the use of environmentally friendly transport options. This research analyses how this integration is implemented and its effects on cities through examples from Turkey and around the world. Autonomous vehicle technologies and intelligent traffic management systems contribute to reducing traffic accidents, optimizing energy consumption, and minimizing environmental impacts. Green transportation alternatives provide a substitute for individual vehicle use, thus supporting urban environmental sustainability. To ensure effective implementation, an AI-Based Transportation Model was developed, examining system interactions. Findings indicate that integrating AI and green transportation can make cities more eco-friendly, safer, and more efficient. Additionally, the study discusses the history of green transportation, technological advancements, and the growing importance of public awareness for the future. The results suggest that through AI and green transportation integration, it is possible to create more sustainable, efficient, and environmentally friendly cities.

**Keywords:** Artificial intelligence, green transportation, smart city

## 1. Giriş

Kentlerin karşılaştığı sürdürülebilirlik sorunları, gün geçtikçe artan nüfus ve hızla değişen teknolojilerle birlikte daha karmaşık hale gelmektedir. Özellikle ulaşımın gelişimi ile sebep olduğu enerji tüketimi ve karbon emisyonlarının artması sürdürülebilirlik sorunlarının önemli bir parçası olmaktadır. 2022 yılında Covid-19 pandemisi kısıtlamalarına rağmen, ulaşım sektörü enerji tüketiminin yaklaşık %26'sını oluşturmuştur (Uluslararası Enerji Ajansı 2021). Uluslararası Enerji Ajansının tahminlerine göre bu durumda 2030 yılına kadar karbon emisyonlarının ulaşım sektöründeki payı %50'ye, 2050 yılına kadar %80'e ulaşması beklenmektedir. Karbon emisyonlarının yanında toplu taşıma sorunları, trafik sıkışıklığı, artan kaza sayıları, özel araç kullanımı, kentlerde toplu taşımaya yönelik sürdürülebilirlik politikalarının düzenlenmesine ve iyileştirilmesine yönelik çalışmaların hız kazanmasına neden olmaktadır (Grzelec & Hebel, 2016). Aynı zamanda, 'Yeşil Ulaşım' kavramı daha temiz ulaşımı hedeflemesi ile düşük karbonlu ve daha sürdürülebilir bir ulaşımı şekillendirmektedir. Gelişen teknolojiler ve değişen ulaşım sistemleri ile günümüzde birçok şehir bu bağlamda değişim göstermektedir. Bu sorunlara etkili çözümler bulmak amacıyla, akıllı ulaşım, yapay zekâ ve yeşil ulaşım konuları günümüzde araştırma ve uygulama odaklı çabaların merkezine yerleşmiştir. Yapılan araştırmalarda yeşil ulaşım ve yapay zekâ entegrasyonunun kentlerde karşılaşılan sürdürülebilirlik sorununa çözüm yolları sunacağı belirtilmektedir (Niestadt vd., 2019; Wu vd., 2021; Wang vd., 2019).

Geleneksel ulaşım modelleri, kentlerde trafik sıkışıklığına, hava kirliliğine ve enerji tüketimine neden olmaktadır. Yapay zekâ destekli yeşil ulaşım sistemleri, bu sorunlara etkili çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, yapay zekânın trafik yönetimi, enerji verimliliği ve ulaşım araçları gibi alanlarda nasıl kullanılabileceğini anlamak, şehirlerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına yardımcı olabilmektedir. Yeşil ulaşımın temel hedeflerinden biri çevresel etkileri en aza indirirken enerji verimliliğini artırmaktır. Yapay zekâ trafik akışını optimize etme yeteneği ile şehir içi trafiği azaltabilmekte ve böylece karbon emisyonlarını düşürebilmektedir. Aynı zamanda akıllı sensörler ve veri analitiği sayesinde araç yakıt tüketimini analiz ederek enerji tüketimini optimize edebilmektedir. Akıllı ulaşım sistemlerinin gelişmesi ve otonom bağlantılı araçların yaygınlaşması ile daha güvenli, sürdürülebilir ve verimli ulaşım sağlanmaktadır.

Bu çalışmada, yapay zekâ ve yeşil ulaşımın kullanıcı adaptasyonuna ve kentler üzerindeki etkilerine odaklanılmaktadır. Yapay zekâ destekli yeşil ulaşım sistemlerinin kent yaşamını nasıl dönüştürebileceği ve sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkı sağlayabileceği, dünyadan ve Türkiye'den örneklerle incelenmektedir. Çalışma, nüfus artışına rağmen sürdürülebilir, çevre dostu, hızlı ve etkili ulaşımı sağlamada yeşil ulaşımın rolünü, bu sürecin teknolojik gelişmelerle entegrasyonunu, pratikteki uygulamalarını ve gelecekteki potansiyelini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

## 2. Kavramsal ve Kuramsal Arka Plan

Bu bölümde yeşil ulaşım, yapay zekâ ve akıllı ulaşım sistemlerinin teorik temelleri ele alınarak bu kavramların etkileşimi değerlendirilmiştir. Nüfus artışı ve kentleşmenin getirdiği sürdürülebilir, güvenli ve verimli ulaşım gerekliliği ile birlikte, yeşil ulaşım çevresel etkileri azaltırken kaynak verimliliğini teşvik eden bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Yapay zekâ, trafik yönetimi, güzergâh planlaması ve gerçek zamanlı veri analizinde etkin bir rol oynarken, akıllı ulaşım sistemleri, ulaşım altyapılarını optimize ederek trafik akışını iyileştirme, yol güvenliğini artırma ve enerji tüketimini azaltma amacıyla geliştirilmiştir. Bu sistemler yapay zekâ algoritmaları ve büyük veri analiziyle desteklenerek, etkili ulaşım çözümleri sunmaktadır. Akıllı ulaşımın bir parçası olarak otonom ve bağlantılı araç teknolojileri, yapay zekâ ile kendi kendine hareket edebilen ve altyapı ile etkileşim sağlayan sistemler üzerinden enerji tasarrufu ve trafik düzenlemesi sağlamaktadır. Bu kavramlar, sürdürülebilir ulaşım çözümlerini destekleyen yenilikçi yaklaşımlar olarak araştırmanın odağındaki sürdürülebilir, güvenli ve verimli ulaşım politikalarının anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

### 2.1. Yeşil ulaşım ve yapay zekâ kavramları

Wann Ming (2019)'e göre yeşil ulaşım, kaynakların verimli ve etkili bir şekilde kullanılması, elektrikli araçlar, akıllı ulaşım sistemleri, toplu taşıma, bisiklet ve yürüyüş yolları dahil olmak üzere daha çevreye duyarlı ve bilinçli bir ulaşım sistemini ifade etmektedir. Björklund (2011) yeşil ulaşımı, "mevcut ulaşım

hizmetlerine kıyasla insan sağlığına ve çevreye daha az olumsuz etkisi olan ulaşım hizmeti” olarak tanımlanmaktadır. Wang vd., (2019) trafik sıkışıklığının hafifletilmesi, çevre kirliliğinin azaltılması, sosyal eşitliğin teşvik edilmesi ve kaynakların rasyonel bir şekilde kullanılması gibi kentsel ulaşımın “yeşilliğini” vurgulamaktadır. Yeşil ulaşım bireylerin ulaşım ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde düşük maliyetli ulaşım sağlayarak, trafik verimliliğini artırarak sürdürülebilir bir ulaşım sağlamaktadır. (Maheshwari vd., 2016). Yeşil ulaşım yoluyla uygulanan ulaşım, kentsel bir ortamda yaşamın sürdürülebilirliğini varsayar (Todorovic vd., 2019).

Araştırmalar, bireylerin yeşil ulaşımı benimseme eğiliminin bu sistemin gelişimi ve uzun vadeli başarısı için kritik olduğunu, bu eğilimin düşük karbonlu bir topluma geçişi hızlandığını göstermektedir (Hazen vd., 2016). Yeşil ulaşım, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi yaşam ve ekosistemleri ciddi biçimde etkileyen sorunların azaltılmasında önemli bir araçtır; bu nedenle bireylerin yeşil ulaşımı tercih etmesi gerekmektedir (Senin vd., 2021). Ancak, bireylerin çoğu özel araç kullanımına alternatif olarak yeşil ulaşım türlerine geçiş yapmamaktadır (Chen vd., 2016). Bu bağlamda, politika yapımcılar ve ulaşım sektöründeki işletmecilerin, bireylerin yeşil ulaşımı benimsemelerini etkileyen faktörleri belirlemesi önemlidir (Nimako & Winneba, 2012). Enerji tüketimini azaltmak ve ulaşım verimliliğini artırmak amacıyla, yeşil ulaşım çalışmalarında hızlı bir artış yaşanmakta ve bu alandaki en güncel modeller insan yaşamının çeşitli alanlarına uygulanmaktadır (Jiang vd., 2021).

Yeşil ulaşım tarihçesi, insanların çevre dostu ve sürdürülebilir ulaşım seçeneklerine yönelimini özetlemektedir. En eski sürdürülebilir ulaşım biçimi, ilk ulaşım aracı olan yürüyüştür (Transport for London, 2009). 19. yüzyıl sonlarına gelindiğinde elektrikli araçlar ve ilk hibrit modeller geliştirilmiş; bu araçlar, dönemin teknolojik kısıtlamalarına rağmen, benzinli araçlara çevre dostu alternatifler olarak öne çıkmıştır. 1973 ve 1979’daki enerji krizleri, yüksek yakıt maliyetleri ve sınırlı kaynak erişimi nedeniyle toplu ve sürdürülebilir ulaşım arayışlarını hızlandırmıştır (Url-1). Bu dönemde, elektrikli ve alternatif yakıtlı araçlara yönelik araştırmalar ivme kazanmıştır. 2000’lerde elektrikli araçlar ve hibrit teknolojilerde önemli gelişmeler kaydedilmiş; birçok ülke vergi teşvikleri ve düzenlemelerle bu teknolojilerin benimsenmesini desteklemiştir. 2010’larda elektrikli araç pazarı hızla büyürken, Tesla gibi firmalar bu araçların yaygınlaşmasına öncülük etmiştir. Ayrıca şehirler, bisiklet yolları ve toplu taşıma gibi çevre dostu ulaşım altyapılarına yönelik çalışmaları artırmıştır. 2020’ler ve sonrasında ise yeşil ulaşım, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir öncelik haline gelmiştir. Elektrikli araçlar, otonom ulaşım, paylaşımlı araçlar ve akıllı ulaşım sistemlerinin entegrasyonu, ulaşımın geleceğini şekillendirmektedir. Paris Antlaşması gibi küresel anlaşmalarla birlikte, birçok ülke ve şehir karbon salımlarını azaltmayı ve sürdürülebilir ulaşımı teşvik etmeyi hedeflemektedir. Artan teknolojik gelişmeler ve toplumsal bilinç, yeşil ulaşımın önemini daha da arttıracaktır.

Yapay zekâ, insan zekâsını taklit etmek veya geliştirmek amacıyla bilgisayar sistemlerini kullanarak akıl yürütme ve deneyime dayalı öğrenme süreçlerini ifade eder. Kushwaha ve arkadaşları (2022), yapay zekânın “akıllı” olmasını sağlayan temel özelliğin, analizler ve çıktılardan elde edilen verileri kullanarak genel süreçleri güncelleme veya iyileştirme yeteneği olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda, yapay zekâ, analitik, sezgisel ve empatik zekâyı ölçen çeşitli görevleri yerine getirerek insan işlevlerini ifade etme ve insan zekâsının boyutlarını gösterme amacı taşımaktadır (Kushwaha vd., 2022; Jiang vd., 2017). Acemoğlu ve Pascual (2018) ise yapay zekâyı “bir makinenin akıllı insan davranışını taklit etme yeteneği” veya “bir ajanın geniş bir çevrede hedeflere ulaşma potansiyeli” olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlar, bilgisayarların anlam kavramlarını çözümüleme, bilgiyi işleme ve çeşitli görevleri yerine getirme yeteneklerinin temel paradigmasını oluşturmaktadır.

Günümüzde yapay zekâ, ekonomi, sağlık, eğitim, planlama ve ulaşım gibi çeşitli sektörlerde önemli katkılar sağlamaktadır. Kentlerin büyümesi (örneğin, kent nüfus artışı ve bireysel araç kullanımındaki artış) ve teknolojinin gelişimi (otonom araçlar, akıllı ulaşım sistemleri, büyük veri analitiği) ile birlikte yapay zekâ, ulaşım alanında da öne çıkmaktadır. Yapay zekâ algoritmaları, trafik hareketleri, ulaşım modları ve enerji kullanımlarıyla ilgili geniş veri setleri oluşturmakta ve bu veri setlerinin analizi ile daha etkili ve sürdürülebilir ulaşım stratejileri geliştirmektedir (Nishant vd., 2020).

Yeşil ulaşımın dönüşümünde, yapay zekânın adaptasyon ve öğrenme yeteneği kritik bir rol oynamaktadır. Yapay zekâ, çevresel koşullara ve kullanıcı davranışlarına hızlı bir şekilde uyum sağlayarak, ulaşım sistemlerini sürekli olarak iyileştirme potansiyeli sunmaktadır. Otonom araçlar ve

akıllı ulaşım sistemleri üzerindeki etkisi de önemli olup, bu araçlar yeşil ulaşım anlayışı çerçevesinde karbon salınımını azaltma, enerji tasarrufu sağlama ve güvenli sürüşü teşvik etme amacıyla yaygınlaşmaktadır.

Yapay zekâ, özellikle 2000'lerin sonlarından itibaren hız kazanarak günümüzde önemli bir gelişim süreci içerisinde. Suman (2021), "Yapay zekâ, bilim kurguda bir hayal gücü olmaktan çıkıp modern teknolojinin her yerinde bir gerçeklik haline gelmek için uzun bir yol kat etti" ifadesiyle yapay zekânın tarihsel gelişimini vurgulamaktadır. 1943 yılında, II. Dünya Savaşı sırasında kripto analiz ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen elektromekanik cihazlar, bilgisayar bilimi ve yapay zekâ kavramlarının doğuşuna zemin hazırlamıştır. 1950 yılında Alan Turing, "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu ortaya atarak makine zekâsı tartışmalarını başlatmıştır (Url-2). Bu prensipten yola çıkarak bilgisayar işlemcileri, insan zekâsından ilham alarak gelişim göstermiştir. 1970 ve 1980'lerde bilgi tabanlı uzman sistemler popüler hale gelirken, 1980'lerin sonlarına gelindiğinde yapay zekâ ilk kez trafik kontrol sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. 1990'larda akıllı ulaşım sistemlerinin gelişimiyle birlikte yapay zekâ teknolojileri ulaşım sistemlerine daha fazla entegre edilmiştir. 2000 yılına kadar yapay sinir ağları ve makine öğrenimi gibi yöntemlerle desteklenen yapay zekâ, örüntü tanıma ve tahmin yeteneklerini geliştirmek için çeşitli algoritmalara sahip olmuştur.

2000'lerin ortalarında araçlar ve ulaşım altyapısında kullanılan sensör sayısındaki artış, yapay zekânın daha karmaşık ve gerçek zamanlı kararlar alabilmesine olanak tanımıştır. Akıllı park sistemleri, trafik tahmin modelleri ve araç trafiği yönetimi gibi uygulamalarda yapay zekânın kullanımı yaygınlaşmıştır. 2010'lu yıllarda otonom araç teknolojilerinin yükselişi, yapay zekânın önemini daha da artırmıştır (Url-2). Otonom araçlar, çevresel koşullara uyum sağlama, trafikle etkileşim kurma ve güvenli sürüş sağlama konusunda kilit bir rol oynamaktadır (Url-3). Sonuç olarak, yapay zekâ, ulaşım sistemlerinde geçmişten günümüze büyük bir evrim geçirerek, ulaşımın daha güvenli, verimli ve çevre dostu olmasını sağlamak adına önemli katkılarda bulunmuştur.

## 2.2. Akıllı ulaşım sistemleri

Akıllı ulaşım sistemleri, modern teknolojilerin entegrasyonu ile ulaşımın daha etkili, güvenli, sürdürülebilir ve kullanıcı dostu hale getirilmesini amaçlamaktadır. Bu sistemler, genellikle bilgi ve iletişim teknolojileri ile donatılmış altyapı, araçlar ve uygulamalardan oluşmaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri, trafik yönetimi, yol güvenliği, toplu taşıma, otopark yönetimi ve yolcular arası iletişim gibi çeşitli ulaşım unsurlarını entegre ederek genel ulaşım deneyimini iyileştirmektedir (Url-4).

Artan nüfus ile kalabalıklaşan kentlerde ulaşım, önemli bir sorun haline gelmiştir. Tek başına sürüş eğilimi, II. Dünya Savaşı sonrası dönemde, özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve diğer ülkelerde hızla yaygınlaşmıştır (Ferguson, 1997). 1973 petrol krizinin patlak vermesi, ulaşımında önemli değişikliklere yol açmıştır. Bu kriz, Hollanda'da bisiklet kullanımının teşvik edilmesine (Rietveld & Daniel, 2004), Amerika Birleşik Devletleri'nde tek başına araç kullanımının caydırılmasına (Ferguson, 1997) ve daha yakıt tasarruflu otomobillerin üretimini artırılmasına neden olmuştur (Bonilla, 2009). Takip eden on yıllar boyunca, hız, trafik sıkışıklığı, kazalar ve iklim değişikliği gibi faktörler, günümüzde akıllı ulaşım sistemleri aracılığıyla ulaşımında yeniliklerin devam etmesini sağlamaktadır. Bu sistemler, sürdürülebilir ulaşım çözümleri geliştirerek, trafik akışını optimize etmeye ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Kullandığımız ulaşım araçları, fosil yakıt kaynaklı CO2 emisyonlarının artışıyla önemli bir rol oynamaktadır. Bu araçlar, kentlerde trafik sorunlarına, gürültü kirliliğine, ulaşım zorluklarına ve sosyo-ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, Covid-19 pandemisi sırasında uygulanan kısıtlamalar, ulaşım talebini en düşük seviyeye indirerek hava kirliliğinin ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamıştır (WMO, 2020). Bu durum, ulaşım sektöründeki emisyon artışını tersine çevirmiştir. Bu eğilimin devamlılığını sağlamak, düşük karbonlu taşıma modelleri ve bu modellere yönelik yatırım politikaları ile mümkün olacaktır. Enerji verimliliğini artıran teknolojiler ve bu hedeflere yönelik programların geliştirilmesi gerekmektedir (Ebinger & Vandycke, 2015). Günümüzde Türkiye de dahil birçok ülke, iklim değişikliği ile mücadele ve sıfır karbon emisyonu hedeflerine ulaşmak için stratejik yöntemler aramaktadır. Bu stratejiler, yeşil ulaşım türlerine geçişi ve fosil yakıt kullanımını kademeli olarak azaltmayı amaçlamaktadır (UN, 2021).

Bu farkındalık, gelişen teknolojiler ile akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımını teşvik etmekte ve ulaşım sektöründe önemli değişikliklere yol açmaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri, çeşitli teknolojilerin entegrasyonu ile oluşturulmuş sistemlerdir ve ulaşımın daha etkili, güvenli ve sürdürülebilir olmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Bu sistemler arasında trafik yönetim sistemleri, toplu taşıma sistemleri, otopark yönetim sistemleri, yol güvenliği sistemleri, bisiklet ve yaya ulaşım sistemleri ile bilgi ve iletişim teknolojileri yer almaktadır (Ural-4). Akıllı ulaşım sistemleri, kentlere entegre edilerek, şehirlerin ve bölgelerin ulaşım altyapısını daha akıllı hale getirmeye yönelik kapsamlı çözümler sunmayı hedeflemekte ve günümüzdeki birçok soruna çözüm bulmayı amaçlamaktadır.

### 2.3. Yapay zekâ destekli ulaşım sistemleri

Yapay zekâ, akıllı ulaşım sistemleriyle entegre edilerek kentler ve kullanıcılar için daha gelişmiş ulaşım olanakları sunmaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri, bilgi tabanlı yapıları sayesinde problemleri daha geniş bir perspektiften ele alırken, yapay zekâ insan zekâsını taklit eden bir uygulama alanı olarak devreye girmektedir. Bu süreçte, algoritmalar ve çıkarım mekanizmaları bir araya gelerek bilgiyi işlemektedir (Kastal & Köse, 2009).

Akıllı ulaşım sistemleri, taşımacılık ve trafik yönetimine yönelik yenilikçi hizmetler sunmayı ve kullanıcıların güvenliğini artırmayı hedefleyen ileri düzey uygulamalar olarak tanımlanmaktadır (European Parliament Council, 2014). Bu sistemler, kullanıcılara gelişmiş, konforlu ve güvenli toplu taşıma araçları sağlar. Ayrıca, bireysel araç kullanımı açısından güvenli sürüş, çevre dostu yakıt kullanımı ve zaman tasarrufu gibi olanaklar sunar. Bu bağlamda, trafik yönetimi, otomasyonu, güzergâh planlaması ve verimli ulaşım gibi karmaşık problemlerin çözümünde yapay zekânın gerçek zamanlı veri analizi ve öngörülse modelleri kullanılmaktadır. Bu sayede, trafik akışının optimize edilmesi ve ulaşım süreçlerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

#### 2.3.1. Trafik yönetimi ve optimizasyonu

Günümüzde şehirlerin hızla büyümesi ve nüfusun artmasıyla birlikte, ulaşım sistemlerindeki etkinlik ve verimlilik önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu bağlamda, trafik yönetiminde daha sistematik ve verimli sonuçlar elde etmek amacıyla yapay zekâ teknikleri kullanılmaktadır (Tektaş vd., 2002). Yapay zekâ, trafik verilerini gerçek zamanlı olarak analiz ederek trafik sıkışıklığını azaltmaya yardımcı olmaktadır. Akıllı trafik sinyalleri, yolcuların seyahat sürelerini kısaltırken trafik akışını optimize etmektedir.

Yapay zekâ destekli trafik yönetim sistemleri, trafik verilerini analiz ederek trafik akışını daha iyi tahmin etmekte ve sıkışıklığın olduğu bölgelere alternatif rotalar önererek yolculuk sürelerini kısaltabilmektedir (Sayed vd., 2023). Trafiğin kontrolü, mevcut kavşaklar, ana bağlantı hatları ve trafik yoğunluğu denetimi ile sağlanmaktadır. Bu bağlamda, hızlı ulaşım, doğru ve planlı altyapı sistemlerinin kullanılması ve ışıklarda bekleme sürelerinin azaltılması gibi trafik sorunlarına çözüm sunulmaktadır.

Bilinen mevcut optimizasyon teknikleri ile çözülemeyen bu tür sorunlar için yapay zekâ teknikleri kullanılmaktadır (Tektaş vd., 2002). Tektaş ve diğerlerine (2002) göre trafik alanında çözülmesi gereken sorunlar şunlardır:

- Kavşak optimizasyonu
- Trafik sıkışıklığı
- Rota seçimi ve sürücünün bilgilendirilmesi
- Ulaşım süresinin tahmini

Bu sorunların çözülmesi ve optimizasyonu sağlamak için yapay zekâ, çeşitli alanlarda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları ve sensörler kullanılarak trafik ışıklarının kontrolü gerçekleştirilmiş, bu sayede bekleme süreleri kısalmış ve daha verimli bir ulaşım sağlanmıştır. Bekleme sürelerinin azaltılmasının yanı sıra, yol planlaması ve rota optimizasyonu sayesinde en kısa mesafe rotaları belirlenmiştir (Akgüngör & Doğan, 2009). Trafik yönetiminin gelişiminde, başlangıçta sabit-zamanlı kontrol sistemleri kullanılarak eylemler, tarihsel deneyimlere dayanarak önceden tanımlanmıştır. Ancak, sensörlerin entegrasyonu ile birlikte, sensörlerden gelen verilerin işlenmesi, anında tepki veren tepkisel kontrol sistemlerinin kullanımını artırmıştır (Vallati, 2006). Bu yaklaşım, trafik akışını daha dinamik bir şekilde yönetmeyi mümkün kılarak, anlık durum değişikliklerine hızlı

bir şekilde yanıt verilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece, trafik yoğunluğu ve bekleme süreleri minimize edilmekte, ulaşım sistemlerinin genel verimliliği artırılmaktadır.

Genel bir perspektiften bakıldığında, trafik modellerinin üç ana sınıfı vardır; mikroskopik, makroskopik ve mezoskopik modeller (Hoogendoorn & Bovy, 2001). Mikroskopik modeller detaylı ve her aracı bireysel olarak tanımlamaktadır. Genellikle daha büyük ağların küçük bölümlerini modellemede kullanılırlar. Makroskopik modeller daha geniş alanları işleyebilir, gruplar halindeki araçların ortalama hareketlerini algılamaktadır. Mezoskopik modeller diğer iki modellerin özelliklerini birleştirir. (Hoogendoorn & Bovy, 2001).

Sonuç olarak, yapay zekâ destekli ulaşım sistemleri, trafik yönetimi ve optimizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, şehirlerin ulaşım altyapısını daha sürdürülebilir, verimli ve güvenli bir şekilde yönetme potansiyeline sahiptir. Yapay zekâ teknolojisinin bu alandaki ilerlemeleri, gelecekte şehirlerin daha akıllı ve etkili ulaşım sistemlerine sahip olmalarını sağlayabilir. Yapılan araştırmalara göre (Treiber & Kesting, 2013; Hoogendoorn & Bovy, 2001; Vallati, 2006) yapay zekânın trafik yönetimi ve optimizasyonuna sağladığı katkılar Tablo 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 1.** Yapay zekânın trafik yönetimi ve optimizasyonuna yarar sağladığı alanlar

<b>Trafik Yönetimi</b>	Yapay zekâ destekli ulaşım sistemleri, analitik düşünebilmesiyle gerçek zamanlı veri analizi yaparak trafik yoğunluğunu, kazaları ve diğer olumsuz durumları izlemektedir. Trafik ışıklarının otomatik olarak ayarlanmasını ve trafik akışının yönetilmesini sağlamaktadır.
<b>Akıllı Trafik Işıkları</b>	Akıllı trafik ışıkları anlık trafik durumunu değerlendirerek yeşil ışık sürelerini dinamik bir şekilde ayarlamaktadırlar. Yoğun bölgelerde trafik akışını optimize ederek bekleme sürelerini azaltmakta ve genel ulaşım verimliliğini artırmaktadır.
<b>Trafiği Tahmin Etme ve Yönlendirme</b>	Yapay zekâ geçmiş verileri ve gerçek zamanlı trafik bilgilerini kullanarak trafik akışını tahmin edebilmekte ve kullanıcılara verimli rota oluşturabilmektedir.
<b>Veri Toplama ve Analizi</b>	Yapay zekâ, büyük veri setlerini işleyerek gelecekteki ulaşım ihtiyaçlarını tahmin edebilmekte, altyapı projelerini optimize edebilmekte ve şehir planlamasında daha stratejik kararlar alınmasına yardımcı olabilmektedir.

### 2.3.2. Güzergâh planlanması ve verimli ulaşım

Günümüzde ulaşım sistemleri giderek karmaşık hale gelmekte, bu da ulaşım planlaması ve yönetimini zorlaştırmaktadır. Kullanıcılar için bu durum, verimsiz ve karmaşık bir ulaşım deneyimi anlamına gelmektedir. Ancak, yapay zekâ algoritmalarının gelişimi, bu zorlukları aşmak ve daha verimli ulaşım sistemleri oluşturmak için yeni fırsatlar sunmaktadır.

Yapay zekâ destekli güzergâh planlaması, trafik yoğunluğunu, sürüş süresini ve harcanan yakıt oranını analiz ederek en etkili rota planlarını belirlemeye yardımcı olmaktadır (Url-5). Bu algoritmalar, gerçek zamanlı verilere dayanarak güzergâhları dinamik bir şekilde hazırlamakta ve trafik sıkışıklığına anında tepki verebilmektedir. Böylece, kullanıcılar zamanlarını daha etkili bir şekilde yönetebilir ve ulaşımını daha düzenli hale getirebilirler (Url-5). Ayrıca, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi faktörler de göz önünde bulundurularak güzergâhlar belirlenmektedir. Bu

yaklaşım, toplu taşıma sistemlerini optimize etme ve karbon emisyonlarını azaltma potansiyelini artırmaktadır. Bu nedenle, yapay zekâ destekli güzergâh planlaması, modern ulaşım sistemlerinin daha sürdürülebilir ve etkili hale gelmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Yapay zekâ ile yapılan güzergâh planlaması, büyük veri analitiği, trafik sıkışıklığı, hava durumu, bireysel kullanıcı ihtiyaçları ve çevre dostu yakıt tüketimi gibi birçok faktörle desteklenerek geleneksel güzergâh planlamasının sunamadığı imkanları sunmaktadır. Bu unsurların entegrasyonu, verimli ulaşımı sağlamak ve ulaşım sistemlerindeki sorunları azaltmaktadır (Url-6). Wilbur vd. (2023) tarafından belirtildiği gibi, verimli ulaşım sistemleri, geniş coğrafi alanlar ve hesaplama açısından karmaşık durumlarda gerçek zamanlı kararlar almayı gerektirmektedir. Geleneksel analitik yöntemlerin bu zorlukları aşmakta yetersiz kalması nedeniyle, toplu taşıma acenteleri, büyük ölçekli verilere dayalı optimizasyonu mümkün kılan hesaplama yaklaşımlarına yönelmektedir.

Özetle, yapay zekâ destekli güzergâh planlaması, ulaşım sistemlerini daha akıllı, verimli ve sürdürülebilir hale getirmek için önemli bir araçtır. Bu teknolojinin kullanımı, kullanıcı deneyimini artırmakla kalmayıp, toplu taşıma sistemlerini daha etkili hale getirerek şehirlerin ulaşım sorunlarına çözümler sunma potansiyeli taşımaktadır.

### **2.3.3. Gerçek zamanlı veri analizi ve öngörüselleme**

Veri biliminde yaygın olarak kullanılan tahmine dayalı analitik, geçmiş verileri yorumlayarak geleceğe yönelik tahminlerde bulunmayı amaçlamaktadır. Bu süreç, veri madenciliği, modelleme, makine öğrenimi, yapay zekâ ve istatistik gibi teknikleri içerir (Chen vd., 2023). Akıllı ulaşım sistemleri, çeşitli sensörlerden elde edilen büyük veri setlerini işleyerek gerçek zamanlı durum analizi gerçekleştirebilmektedir. Trafik yoğunluğu, hava durumu, yol durumu ve araç konumu gibi veriler, sistemlerin anlık olarak şehir içindeki ulaşım durumunu anlamalarına olanak tanır. Bu analizler, trafik akışını yönlendirmek, anlık durum bildirimleri oluşturmak ve trafiği optimize etmek gibi pek çok ulaşım alanında kullanılmaktadır (Chen vd., 2023).

Öngörüselleme, geçmiş verilerin analizi ve gelecekteki olayların tahmini için önemli bir araçtır. Akıllı ulaşım sistemleri, bu modelleme tekniklerini kullanarak gelecekteki trafik durumlarını tahmin edebilmektedir. Makine öğrenimi algoritmaları, büyük veri kümeleri üzerinde eğitilerek olaylar ve diğer değişkenlerle ilişkilendirilebilir. Bu sayede, trafik yönetimi ve ulaşım planlaması alanında daha etkili kararlar alınması sağlanmaktadır (Url-7).

Gerçek zamanlı veri analizi ve öngörüselleme sayesinde akıllı ulaşım sistemleri, şehir trafiğini daha etkili bir şekilde yönetmekte, ulaşım planlamasını optimize etmekte ve kamu taşıma sistemlerini geliştirmektedir. Bu teknolojik yaklaşımlar, şehirlerin sürdürülebilirlik, güvenlik ve verimlilik hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmaktadır.

### **2.4. Akıllı ulaşım araçları otonom ve bağlantılı araçlar**

Otonom ve bağlantılı araçlar, sürücüsüz, güvenli ve verimli ulaşım sağlamak için çeşitli teknolojileri bir arada barındırmaktadır (Lu vd., 2014). Bağlantı mekanizmaları, araçlar ile altyapı arasındaki iletişimi ve konum, hareket hızı gibi verilerin paylaşımını destekler. Ancak, bu sistemlerin hayata geçirilebilmesi için uygun bir altyapının hazırlanması ve kurulması gerekmektedir. Ayrıca, önemli finansal ve organizasyonel yatırımlar da gerektirir (Sussmann, 2005).

Otonom araçlar, kendi başlarına hareket edebilen ve çevrelerini algılamak için çeşitli sensörler ile yapay zekâ algoritmaları kullanan sürücüsüz araçlardır. Bu araçlar genellikle otonom otomobiller, kamyonlar, otobüsler, dronlar veya insansız hava araçları şeklinde sınıflandırılır. Otonom araçların, trafiği düzenleme, kazaları azaltma ve insanlara daha güvenli bir ulaşım seçeneği sunma gibi avantajları bulunmaktadır (Url-8). Bağlantılı araçlar ise, birbirleriyle ve çevreleriyle iletişim kurabilen araçlardır. Bu araçlar, bir araçtan diğerine, araçtan altyapıya veya araç içindeki cihazlardan dış dünyaya veri transferi yapabilmektedir. Bağlantılı araçlar, trafik akışını iyileştirme, kazaları önleme, araç bakımını optimize etme ve sürücülere daha iyi bilgi sağlama gibi faydalar sunmaktadır. Bu nedenle, otonom ve bağlantılı araçlar birlikte düşünülmekte ve bu birliktelik daha etkili ve güvenli bir ulaşım sistemi oluşturmaktadır (Anonim, 2022).

ABD Ulaştırma Bakanlığı'nın talebi üzerine 2001 yılında yapılan bir incelemede, 723 kaza vakası analiz edilmiştir ve bu kazaların %99'unun insan hatasından kaynaklandığı belirlenmiştir (Page vd., 2001). Bu bulgu doğrultusunda ulaştırma yatırımları, yol yapımı ve bakımını tamamlayıcı teknolojilere yönlendirilmiştir. Geleneksel olarak, ulaştırma altyapıları genellikle yeni yolların inşası ve mevcut yolların yenilenmesi gibi fiziksel yatırımlarla sınırlı düşünülürken, gelecekte bu sistemlerin teknolojiye dayalı çözümlerle şekilleneceği anlaşılmaktadır.

Farklı teknolojilerin entegre edildiği bir ağ yapısı, ulaşım sistemlerinin etkinliğini ve verimliliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Akıllı trafik yönetim sistemleri, veri analitiği ve bağlantılı araç teknolojileri, ulaşım altyapısının modernizasyonunda önemli unsurlardır (Ezell, 2010). Bu sayede, otonom ve bağlantılı araçlar kaza oranlarını azaltırken, toplu taşıma araçlarının kullanımı hem daha verimli hem de daha güvenli hale gelmektedir. Bu durum, halkın toplu taşımaya olan eğilimini artırarak sürdürülebilir ulaşımın gelişimine katkı sağlamaktadır.

#### 2.4.1. Otonom araç teknolojisinin gelişimi

Otomobil üretiminin tarihi, 1885 yılında ilk seri otomobilin üretilmesiyle başlamıştır (Singh & Saini, 2021). Bu araçlar, içten yanmalı motorlarla fosil yakıt kullanarak çalışmaktaydı. 1920'lerde, radyo teknolojisi ile donatılan "Linriccan Harikası" adı verilen araçlar geliştirilmiştir. Ardından, 1939 yılında saklı devrelerle çalışan elektrikli araçlar piyasaya sürülmüştür (Singh & Saini, 2021). 1980'lerden itibaren, sensörler ve yapay zekâ araçlara entegre edilmeye başlanmıştır; bu dönemin örneklerinden biri, 1980 yılında Mercedes-Benz tarafından üretilen görüş yönlendirmeli robotik minibüstür.

Otonom araçların etkin kullanımı, çeşitli disiplinlerden gelen teknolojilerin etkili bir şekilde entegrasyonunu gerektirmektedir. Teknoloji geliştikçe, 2015 yılında Tesla'nın piyasaya sürdüğü araçlar, üst düzey otonom teknolojiyi kullanan ilk araçlar arasında yer almıştır (Anonim, 2023). Otonom araç teknolojisinin gelişimini takip edebilmek için SAE International, bu araçları belirli seviyelere göre sınıflandırma kararı almıştır. 0 numaralı araçlar otomasyona sahip değilken, 5 numaralı araçlar tam otomasyona sahip araçları ifade etmektedir. Tesla'nın AutoPilot özelliği 2. seviyeye, Audi'nin teknolojisi ise 3. seviyeye karşılık gelmektedir (Yiğit vd., 2020). Bu gelişmeler, ülkeler arasında rekabete yol açmaktadır. Birleşik Krallık'ta 2018 yılında otonom araçları test etmek için sürüş yasaları gözden geçirilmiştir. ABD'de ise otonom araçların test edilmesi ve çalıştırılmasıyla ilgili mevzuatlar geliştirilme aşamasındadır (Url-9). Otonom araçların gelişimi hızla devam ederken, sektördeki tahminlere göre 2040 yılına kadar otomotiv endüstrisinde rekabet avantajı sağlayan temel faktörler bu araçlar olacaktır (Accenture Digital, 2023).

#### 2.4.2. Elektrikli araçlar ve çevre dostu ulaşım

Elektrikli araçlar, bir toplayıcı sistemden sağlanan elektrikle veya otomatik olarak bir pil ile çalışabilen araçlar olarak tanımlanmaktadır (Url-2). Bu araçlar, egzoz dumanı ve sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Tseng & Wu, 2012). Tamamen elektrikli modeller, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonları olmadan sürüş imkânı sunarak, CO<sub>2</sub> nötr mobiliteye geçişte önemli bir adım teşkil etmektedir. 2020 yılında Consumer Report tarafından ABD'de yapılan anketler, elektrikli araçların tercih edildiğini göstermektedir (Parkinson vd., 2017). Bu durum, daha temiz bir çevre ve sağlıklı bir yaşam alanı sağlamaktadır. Elektrikli araçlar, otonom sistemlerle birlikte günümüzde yeşil ulaşımın temelini oluşturmaktadır.

Elektrikli araçlar, hava kirliliğinin yanı sıra içten yanmalı araçlara göre daha az enerji tüketmektedir bu da daha uzun mesafeler kat etmeye imkân tanımaktadır. Ayrıca, şarj istasyonlarının erişilebilirliği, kullanıcılar için pratik bir avantaj sunarak tercih oranlarını artırmaktadır. Bağlantılı araç sistemlerinde, aracın sürücüsünün davranışlarını ve çevresini algılayarak yapay zekâ algoritmaları ile entegrasyonu hedeflenmektedir. Bu sistemler, araç güvenliğini artırmakta; otomatik kaza algılama, kaza sonrası sağlık kuruluşlarına bildirim yapma ve otomatik arıza bildirimleri gibi işlevsel teknolojiler sunmaktadır (Url-10).

Gelişen teknolojiler doğal kaynakları hızla tüketmekte, bu durum sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Elektrikli araçlar, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlayan sürdürülebilir bir ulaşım imkânı sunan yenilikçi bir yaklaşımdır. Sürüş ve araç verileri yapay zekâ ile işlenerek hem enerji



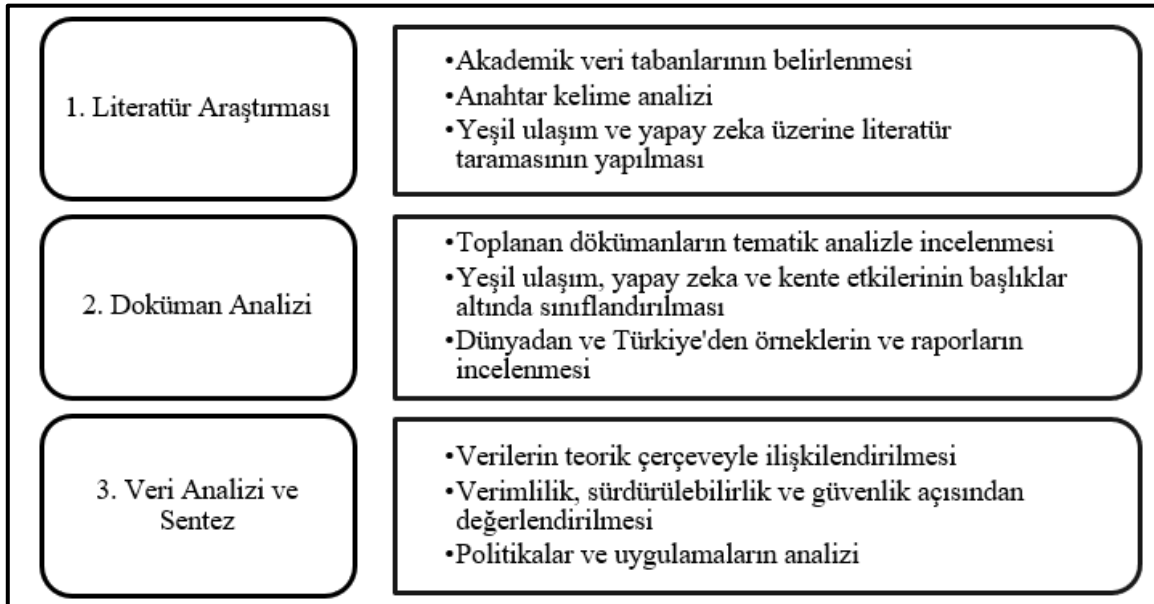
verimliliği hem de güvenilir ulaşım imkânı sağlanmaktadır (Anonim, 2022). Çevre dostu enerji sağlayan bu araçlar, yeşil ulaşımın ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır.

### 2.4.3. Bağlantılı araçlar ve ulaşım altyapısı

Bağlantılı araçlar, daha önce belirtildiği gibi, sürücü, diğer araçlar ve yol ile etkileşim kurabilen sistemlerdir. Araçların birbirleriyle veya yol ile iletişim kurabilmesi için farklı iletişim mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde bu iletişim mekanizmaları üç geniş sınıflamada toplanmaktadır: araçtan araca iletişim (V2V), araçtan altyapıya iletişim (V2I) ve bulut iletişimi (Parkinson vd., 2017). Bu iletişim sürecinde dikkate alınması gereken birçok faktör bulunmaktadır. Yetersiz ulaşım altyapısı, bu faktörlerin etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Otonom araçların yola uygun şekilde yönlendirilmesi için, yol işaretlerinin varlığı kritik öneme sahiptir. Tünel gibi kapalı alanlarda ise iletişim ve internet bağlantısının kesilmemesi için ek yapılar gereklidir (Lawson, 2018). Şerit genişlikleri, otonom sürüş sistemlerinin etkili bir şekilde çalışabilmesi için önemlidir. Ancak, büyük araçlar (örneğin kamyon ve otobüs) için şeritlerin boyutları buna göre ayarlanmalıdır (Taştan & Kaymaz, 2021). Otonom araçlar arasında koordinasyon sağlanabilirse, gelecekte trafik ışıklarına olan ihtiyaç ortadan kalkabilir (Litman, 2020).

## 3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, yapay zekâ ve yeşil ulaşımın etkileşimini incelemektedir. Araştırma, literatür taramasına dayalı olup, akademik yayınlar, raporlar, politik belgeler ve endüstri analizleri gibi birincil ve ikincil kaynaklardan yararlanarak mevcut durumu ve gelecekteki potansiyelleri değerlendirmektedir. Kullanılan yöntem ise, doküman analizi olarak adlandırılan nitel bir tekniktir. Bu kapsamda, uluslararası akademik veri tabanlarından ve bilimsel dergilerden derlenen veriler sistematik bir şekilde incelenmektedir. Şekil 1'de çalışmanın yöntemi ve aşamaları sunulmaktadır.



Şekil 1. Çalışmanın yöntemi ve aşamaları

Öncelikle, yeşil ulaşım, yapay zekâ, akıllı ulaşım sistemleri ve bunların kente etkilerine dair mevcut çalışmalar kapsamlı bir literatür taraması ile incelenmiştir. Google Scholar ve Web of Science gibi akademik veri tabanlarından anahtar kelimeler kullanılarak yayımlanan makaleler, raporlar ve politik belgeler toplanmıştır. Ardından, doküman analizi yöntemiyle literatürdeki kaynaklar tematik analiz yöntemi ile değerlendirilmiş; yapay zekâ ve yeşil ulaşımın kentleşme, çevre ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri belirli başlıklar altında incelenmiştir. Çalışmada öne çıkan temalar arasında çevre dostu teknolojiler (sürdürülebilirlik), akıllı şehir çözümleri (verimlilik), trafik yönetimi (verimlilik ve güvenlik), enerji verimliliği ve sürdürülebilir kent politikaları yer almıştır.

Elde edilen raporlar ve incelenen örnek alanlardan elde edilen somut verilerle ampirik analizler gerçekleştirilmiştir. Verimlilik, güvenlik ve sürdürülebilirlik temaları üzerinde durularak, kente etkileri somut örnekler üzerinden analiz edilmiştir. Toplanan veriler, konuyla ilgili teorik yaklaşımlarla birleştirilmiş ve dokümanlardan elde edilen bulgular sentezlenmiştir. Dünyadan ve Türkiye’den örneklerle desteklenen uygulamaların etkileri analiz edilerek, yapay zekâ ve yeşil ulaşım entegrasyonunun kentlere sağladığı faydalar tartışılmış; ayrıca mevcut politika ve uygulama boşlukları üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

#### 4. Yapay Zekâ ve Yeşil Ulaşım Birlikteliğinin Kente Etkileri

Günümüzde kentlerin karşılaştığı en büyük zorluklardan biri, ulaşım sistemlerindeki yoğunluk ve karmaşık ilişkilerdir. Ulaşım ağları, kentlerin bütününe ve çevresine yayılan önemli hareket alanları oluşturmaktadır. Kentlerin gelişimi, artan nüfus ve araç bağımlılığı gibi faktörler, ulaşım sistemlerinin gereksinimlerini de değiştirmektedir. Gelişen teknolojiler, değişen ulaşım imkanları ile dünya genelinde kentleri dönüştürmektedir.

Değişen ulaşım sistemleri, çevreye verdiği zararları en aza indirmeyi hedeflerken, aynı zamanda verimli, güvenilir ve sürdürülebilir çözümler bulmayı amaçlamaktadır. Mohammed vd. (2018) tarafından tanımlandığı üzere, “Akıllı şehir, operasyonel verimliliği en üst düzeye çıkarmak, devlet hizmetlerini ve ulaşım kalitesini artırmak ve bu durumla birlikte yaşam kalitesini iyileştirmek için bilgi ve iletişim teknolojisi ve yapay zekâyı kullanan gelişmiş bir kentsel alanı temsil etmektedir”. Bu entegrasyon sayesinde şehirler, daha güvenli, daha verimli ve daha sürdürülebilir ulaşım sistemlerine sahip olabilir.

Beneicke vd. (2020) ise akıllı şehri, “Verimliliğini ve çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla kritik altyapı bileşenlerini ve hizmetlerini birbirine bağlamak ve izlemek için bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanan, nüfus yoğunluğu yüksek bir coğrafi alan” olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşım, kentlerin yanı sıra vatandaşlarının yaşam kalitesini de artırmaktadır (Treiblmaier vd., 2020).

Yapay zekâ ve yeşil ulaşım teknolojilerinin birleşimi, karşılaşılan zorluklara çözüm getirme potansiyeli taşımaktadır. Bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için akıllı ulaşım sistemleri ile entegrasyonu büyük önem arz etmektedir. Akıllı ulaşım sistemleri, veri toplama, iletişim teknolojileri ve ulaşım yönetim sistemlerini kapsayan geniş bir çerçevede çalışırken, yapay zekâ bu verileri analiz eden ve en uygun kararları veren bir yapı sunmaktadır. Yapay zekâ, akıllı ulaşım sistemlerini daha akıllı, tahmin edilebilir ve öngörülebilir hale getirmektedir.

Örneğin, akıllı trafik yönetim sistemleri çeşitli sensörler ve kameralar aracılığıyla veri toplamakta ve bu veriler yapay zekâ tarafından analiz edilerek gerçek zamanlı trafik düzenlemeleri yapılmaktadır (Sayed vd., 2023). Bu uygulamalar sayesinde trafik yoğunluğu azalmakta ve karbon emisyonları düşmektedir, böylece sürdürülebilir bir çevre sağlanmaktadır. Ayrıca, otonom araçların enerji verimliliğini optimize etmesinde de yapay zekâ önemli bir rol oynamaktadır. Tesla ve Waymo gibi şirketlerin otonom araç sistemleri, bu verimlilik artışını sağlamak için yapay zekâ algoritmaları kullanmaktadır (Tesla, 2022; Schwall vd., 2020).

Özellikle İstanbul’da, yapay zekâ tabanlı akıllı ulaşım sistemleri toplu taşıma araçlarının güzergahlarını optimize etmek ve trafik sıkışıklığını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır (ISBAK, 2022). Bu sistemlerin kullanım alanları sayesinde daha verimli ve güvenli ulaşım sağlanmaktadır. Pekin’deki akıllı ulaşım sistemleri ve yapay zekâ destekli akıllı trafik yönetim sistemi, şehirdeki trafik yoğunluğunu %20 oranında azaltmayı başarmıştır (Zhenlin vd., 2012). Türkiye’de ise Konya’da geliştirilen “Akıllı Bisiklet Kiralama Sistemi”, akıllı ulaşım sistemleri ve yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonuna başarılı bir örnek teşkil etmektedir; bu sistem, kullanıcı yoğunluğunu ve trafik akışını optimize ederek çevreye duyarlı ulaşım çözümleri sunmaktadır (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2022).

Yapay zekâ destekli akıllı ulaşım sistemleri ve yeşil ulaşımın entegrasyonu, kentlere çeşitli faydalar sunmaktadır. Bu birleşimin olumlu etkileri arasında çevre kirliliğinin azalması, trafik yoğunluğu ve kazaların düşmesi, enerji verimliliğinin artması ve yaşam kalitesinin yükselmesi bulunmaktadır (Pandey, 2023). Ayrıca, yeşil ulaşım ve yapay zekâ kullanımı, kent sakinlerine daha hızlı ve konforlu bir ulaşım deneyimi sunarak şehir içi ulaşımın çekiciliğini artırmaktadır (Treiblmaier vd., 2020). Yapay zekânın yeşil ulaşım ile birleşimi, akıllı ulaşım bağlamında birçok umut verici uygulama ortaya koymakta

ve bu, internetin geleceğinde önemli bir sıçrama potansiyeli taşımaktadır (Chen vd., 2016). Bu entegrasyonun gelecekte şehirlerde ulaşımın daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir olmasına katkı sağlaması beklenmektedir. Yapay zekâ ve akıllı ulaşım sistemleri, şehirlerin ulaşım altyapısını sürekli olarak analiz edip geliştirmekte kritik bir rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra, enerji tüketimini azaltma ve karbon emisyonlarını düşürme hedefleri de bu teknolojilerle daha erişilebilir hale gelmektedir.

Sonuç olarak, yapay zekâ ve yeşil ulaşımın kentlere etkisi, sürdürülebilir, güvenli ve verimli ulaşım sistemlerinin oluşturulmasına önemli katkı sunmaktadır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, gelecekte kentlerin daha temiz, verimli ve güvenli hale gelmesine yardımcı olması beklenmektedir. Ancak, uygulanacak sistemlerin belirli bir altyapıya ihtiyaç duyması gerekmektedir. Ayrıca, ülkelerin ekonomik durumu, toplumun bilinç düzeyi ve toplu taşımaya yönelimleri gibi etmenler, uygulama sürecinde karşılaşılabilecek sorunlar arasında yer almaktadır. Yapay zekânın yeşil ulaşım ile entegrasyonu, akıllı ulaşım bağlamında umut verici uygulamaların ortaya çıkmasına olanak tanımakta ve sürdürülebilir bir kent modeli oluşturulmasına önemli katkılar sunmaktadır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, gelecekte kentlerin daha temiz, verimli ve çevre dostu olmasına yardımcı olması beklenmektedir.

#### 4.1. Yapay zekâ ve yeşil ulaşım birlikteliğinin kentlere sürdürülebilirlik açısından etkisi

Günümüzde enerji verimliliği ve çevre dostu ulaşım, sürdürülebilir bir geleceğin sağlanmasında kritik öneme sahiptir. Artan enerji talebi ve derinleşen çevresel sorunlar, toplumları enerji verimliliği ve çevre dostu ulaşım çözümleri arayışına yönlendirmektedir. Bu bağlamda, fosil yakıtlar yerine elektrikli ve biyoyakıtlı araçların tercih edilmesi yaygınlaşmaktadır. Akıllı ulaşım sistemlerinin yapay zekâ ile entegrasyonu, otonom araç teknolojileri aracılığıyla enerji verimliliği ve emisyon azaltımı üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Otonom araçlar, çevre sensörlerinden alınan verileri işleyerek olası kazaları ve yaralanmaları önleyerek güvenliği artırmaktadır. 2021 yılı itibarıyla dünyada yaklaşık 1,4 milyon otonom aracın aktif olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde, 2030 yılına kadar yollardaki araçların %25'inin otonom olması beklenmektedir (Garret, 2017). Küresel ölçekte ise 2035 yılı itibarıyla 12 milyon tamamen otonom aracın kullanılacağı öngörülmektedir. Otonom araçlar, daha verimli sürüş algoritmaları ve dur-kalk gerektiren trafik akışının azalması sayesinde enerji tüketimini düşürme potansiyeline sahiptir. Bu optimizasyon, sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin önemli bir parçası olarak öne çıkmaktadır.

Avrupa Birliği, 2020 itibarıyla 200.000'den fazla elektrikli araç şarj istasyonu kurarak, 2030 yılı için bu sayıyı 1 milyonu aşmayı hedeflemektedir. 2019-2024 dönemi için kabul edilen Avrupa Yeşil Mutabakatı, karbon emisyonlarının %90 oranında azaltılmasını amaçlamaktadır. Bu hedef doğrultusunda, Sürdürülebilir ve Akıllı Hareketlilik Stratejisi izlenerek bir yol haritası oluşturulmuştur (European Commission, 2019). Demiryolu taşımacılığı da son on yılda önemli gelişmeler kaydetmiştir. Örneğin, Fransız AGV treninde her vagonun kendi motoruyla donatılması, enerji verimliliğinde %20'lik bir iyileşme sağlamaktadır. Japonya'nın Shinkansen adlı yüksek hızlı treni ise ulaşım hızını artırmakla birlikte enerji tüketimini %40 oranında azaltmaktadır (Şekil 2). Ayrıca, bazı havayolları, uçaklarından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarını telafi edebilmek için hizmetler sunmakta ve tüm uçuşlardaki CO2 emisyonlarını hesaplayarak yolcuları telafi etmeye teşvik eden internet hizmetleri sağlamaktadır (Url-11).

Çevre dostu ulaşımın bir diğer bileşeni, toplu taşıma sistemleri ve bisiklet kullanımı gibi düşük karbonlu ulaşım yöntemleridir. Toplu taşıma, bireysel araç kullanımını azaltarak trafiği hafifletmekte ve karbon ayak izini minimize etmektedir. Bisiklet kullanımı hem kişisel sağlığı desteklemekte hem de çevre dostu bir ulaşım seçeneği sunmaktadır (Poyet, 2022). Gelişen teknolojiler sayesinde daha iyi toplu taşıma imkânları sağlanmakta ve bireysel araçların hava kirliliği ile enerji kullanımını kontrol etme olanağı artırılmaktadır. Sonuç olarak, sürdürülebilir kentler oluşturmak için enerji verimliliği ve çevre dostu ulaşım sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu durum, yapay zekâ ve yeşil ulaşım entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır.

Toplu taşıma, bireylerin hareketliliğini destekleyen ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir seçenek sunan çevre dostu çözümlerden biridir. Toplu taşıma sistemlerinin etkin bir şekilde ön plana çıkarılması ve iyileştirilmesi, yolculara daha verimli, ekonomik ve çevreye duyarlı ulaşım seçenekleri sunarak bu sistemlerin daha geniş kitleler tarafından benimsenmesini sağlar. Toplu taşıma sistemlerinin tercih edilmesinde etkili olan kritik parametreler arasında:

- **Temizlik:** Araç içi ve durak temizliği, kullanıcıların konforu ve sağlık açısından büyük önem taşır.
- **Konfor:** Koltukların rahatlığı, iç mekân düzenlemeleri ve genel kullanıcı deneyimi, toplu taşımanın cazibesini artırır.
- **Dakiklik:** Zamanında hizmet verme yeteneği, yolcuların güvenilir ulaşım beklentilerini karşılamada kritik rol oynar.
- **Bekleme Koşulları:** Duraklarda ve istasyonlarda bekleme süresinin konforlu ve güvenli olması, kullanıcı memnuniyetini etkiler.
- **Sürücü Davranışları:** Sürücülerin profesyonel ve güvenli davranışları, toplu taşıma deneyiminin kalitesini doğrudan etkiler.

Bu unsurlar, toplu taşıma sistemlerinin etkinliğini ve kullanıcıların bu sistemlere olan bağlılığını artırmada temel faktörlerdir (De Vos vd., 2020; Dell’Olio vd., 2011; De Oña vd., 2012;’den akt. Çapalı vd., 2022).

Yapay zekâ ve yeşil ulaşımın birlikteliği toplu taşımanın önemli ölçüde iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu birliktelik, sürdürülebilir ve akıllı toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesiyle şehirlerdeki ulaşımın daha etkin ve çevre dostu bir hale gelmesine katkıda bulunmaktadır. Dünya genelinde, Finlandiya, Singapur ve Çin gibi çeşitli ülkelerde küçük ölçekli otonom otobüs denemeleri gerçekleştirilmektedir. Otonom ulaşım hizmetleri, Norveç, İsveç ve Fransa’da aktif olarak faaliyet göstermekte ve bu alandaki gelişmeler hızla ilerlemektedir. Örnek olarak, IBM Watson teknolojisi ile desteklenen Local Motors’un geliştirdiği Olli, (Şekil 3) çevresindeki trafiği analiz ederek kararlar alan bir elektrikli otonom mekiktir. Olli, yolcularına aynı zamanda restoran ve hava durumu bilgileri sunma yeteneğine de sahiptir (English, 2016). Singapur, akıllı trafik yönetim sistemine geçiş yaparak, trafik akışını optimize etmiş ve araçların yakıt tüketimini azaltmıştır. Bu sistem, trafik yoğunluğunu azaltmak için veri analitiği ve yapay zekâ kullanarak, trafik akışını dinamik bir şekilde yönetmektedir (Smart Nation Singapore, 2019).



**Şekil 2.** Japonya Shinkansen treni (Url-12).



**Şekil 3.** Olli, sürücüsüz minibüs (Url-13).

Yapay zekâ, toplu taşıma sistemlerinin optimizasyonu ve yönetiminde kritik bir rol oynamaktadır. Akıllı sensörler ve veri analizi kullanılarak, taşıma araçlarının güzergahları, sefer sıklıkları ve kapasiteleri daha etkili bir şekilde planlanmakta; bu da boş seferlerin azaltılması, trafik sıkışıklığının önlenmesi ve enerji verimliliğinin artırılması gibi avantajlar sağlamaktadır (İbrahim, 2003). Yeşil ulaşım çerçevesinde, elektrikli otobüsler, tramvaylar ve trenler gibi çevre dostu araçların kullanımı, karbon emisyonlarını azaltarak şehirlerin hava kalitesini iyileştirmekte ve sürdürülebilir bir ulaşım altyapısının oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır (Pocard, 2021).

Sonuç olarak, yapay zekâ destekli çözümler, toplu taşımadaki verimliliği, güvenliği ve konforu önemli ölçüde artırmaktadır. Bu alandaki teknolojik gelişmeler, yapay zekanın ve ulaşım araçlarının yeni uygulamalarının toplu taşımada devrim yaratma beklentisini güçlendirmektedir. Sistemlerin gelişimi ve kullanımının yaygınlaşmasıyla, yeşil ulaşım da ilerleme kaydetmekte ve yapay zekanın entegrasyonu,

farklı nüfusların ihtiyaçlarını karşılamak için daha akıllı, güvenli ve çevre dostu ulaşım imkânları sunmaktadır.

#### 4.2. Yapay zekâ ve yeşil ulaşım birlikteliğinin kentlere güvenlik açısından etkisi

Yapay zekâ teknolojilerinin yeşil ulaşım sistemlerine entegrasyonu, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik alanlarının yanı sıra şehirlerdeki ulaşım güvenliğinde de önemli iyileştirmeler sağlamaktadır. Hem sürücüler hem de yayalar için yol güvenliği, dünya genelinde ciddi bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre, 2023 yılında karayolu trafik kazalarına bağlı ölümler 1,19 milyona gerilemiştir. Düşük gelirli ülkelerde trafik kazalarından kaynaklanan ölüm oranları oldukça yüksektir; bu ülkeler, toplam trafik ölümlerinin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır (WHO, 2023).

Avrupa Birliği genelinde her yıl yaklaşık 25.300 kişi trafik kazalarında hayatını kaybetmektedir ve bu kazaların %90'ından fazlası insan hatasından kaynaklanmaktadır. En yaygın hatalar arasında alkol veya uyuşturucu tüketimi, yorgunluk, güvensiz yollar, kırmızı ışıkta geçiş ve yanlış sollama yer almaktadır (European Commission, 2019). Otonom sürüş teknolojileri, akıllı sensörler ve trafik yönetim sistemleri gibi yapay zekâ destekli uygulamalar, şehirlerde kazaların önlenmesi ve trafikte güvenliğin artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. McKinsey & Company'nin raporuna göre, otonom araçlar küresel ölçekte trafik kazalarını %90 oranında azaltma potansiyeline sahip ve her yıl 585.000 hayat kurtarabilmektedir. Ayrıca, otonom araçların yaygınlaşmasıyla kaza kaynaklı maliyetlerin 190 milyar dolar azalabileceği öne sürülmektedir. Tesla'nın otonom araçlarla gerçekleştirdiği denemeler de kaza oranlarının %40 oranında azaldığını göstermektedir (NHTSA, 2017).

Ancak Kalra ve diğerleri (2016), güvenlik ölçütlerinin belirlenmesi için gerçek trafikte test edilmesi ve elde edilen sonuçlara dayalı istatistiksel verilerin oluşturulması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu süreç, bazen onlarca yıl sürebilecek testleri gerektirebilir. Ayrıca, otonom araçlar için etik kuralların oluşturulması, ilgili politikaların geliştirilmesi ve bu politikaların toplumsal etkilerinin incelenmesi gerekmektedir (Lin, 2016; Milakis vd., 2017). Özellikle Japonya gibi ülkelerde G7 zirvelerinde güvenlik düzenlemeleri üzerinde çalışılmaktadır (Walker, 2015).

Otonom araç teknolojileri, kazaların en yaygın nedeni olan insan hatasını en aza indirerek şehir içi güvenliği artırmaktadır. Yapay zekâ ile donatılmış bu araçlar, gelişmiş çevresel algılama sistemleri kullanarak sürüş sırasında trafik işaretleri, diğer araçlar ve yayalarla etkileşimlerini sürekli izlemekte ve buna göre gerçek zamanlı kararlar vermektedir. Örneğin, Tesla ve Waymo gibi önde gelen otonom araç üreticileri, sürüş sırasında meydana gelebilecek potansiyel tehlikeleri analiz eden ve çarpışmaları önleyici sistemler geliştirmiştir (Şekil 4). Bu sistemler, saniyeler içinde binlerce farklı senaryoyu değerlendirerek sürücü veya aracın en güvenli hamleyi yapmasını sağlamaktadır (Schwall vd., 2020).

Yapay zekâ ayrıca, trafik kazalarını ve olası güvenlik risklerini öngörebilen ve bunlara proaktif olarak müdahale edebilen akıllı trafik yönetim sistemlerini desteklemektedir. Bu sistemler, şehir genelinde kurulu sensörler ve kameralar aracılığıyla toplanan verileri analiz ederek trafik yoğunluğu, hız limitleri ve yol koşulları gibi faktörlere göre trafik akışını optimize etmektedir.

Çin, yapay zekâ ve yeşil ulaşım alanında hızla gelişmektedir; birçok şehirde otonom araçlar üzerinde geniş ölçekli denemeler yapılmaktadır. Örneğin, Baidu'nun geliştirdiği Apollo platformu, pek çok şehirde otonom taksi hizmeti sunmaktadır. Baidu, 2020 itibarıyla, otonom araçların güvenliğini artırmak amacıyla 3 milyon kilometre test sürüşü gerçekleştirmiştir (Baidu, 2020).

Yapay zekâ, yeşil ulaşım çözümlerinin şehir içi güvenliği önemli ölçüde artırmasını sağlamaktadır. Artan bisiklet yolları ve akıllı trafik ışıkları, bisiklet kullanıcılarının güvenliğini artırmak için sensörler ve veri tabanlı analizler kullanmaktadır. Örneğin, Avrupa'da bazı şehirlerdeki akıllı bisiklet yolları, yoğun trafikli bölgelerde bisikletlilerin öncelik kazanmasını sağlayarak kazaların önüne geçmektedir. Bu sistem, yapay zekâ algoritmaları ile yolların trafik yoğunluğunu analiz ederek bisiklet kullanıcılarına güvenli geçiş imkânı sunmaktadır (Pocard, 2021). Amsterdam, Rotterdam ve Utrecht gibi şehirlerde akıllı şehir uygulamaları hızla yaygınlaşmaktadır. Amsterdam'daki Smart Mobility programı, araçların, bisikletlerin ve yayaların etkileşimini artırarak trafik akışını optimize etmekte ve çevresel etkileri azaltmaktadır (Şekil 5). Bu proje, trafik verilerini gerçek zamanlı analiz eden yapay zekâ teknolojilerini

kullanmakta olup, 2020 yılı itibarıyla Amsterdam'da bisiklet kullanımının %70 oranında arttığı gözlemlenmiştir (Amsterdam Smart City, 2019).



Şekil 4. Waymo (Schwall vd., 2020).



Şekil 5. Akıllı bisiklet hareketi (Amsterdam Smart City, 2019).

Yapay zekanın şehir içi toplu taşıma sistemlerine entegrasyonu da güvenliği artırmaktadır. Örneğin, akıllı otobüsler ve trenler, sürüş güvenliğini artırmak ve yolcuların güvenliğini sağlamak için çeşitli güvenlik önlemleri almaktadır. Yüz tanıma sistemleri ve güvenlik kameraları gibi yapay zekâ tabanlı teknolojiler, toplu taşıma araçlarındaki olası tehditleri ve suçları tespit ederek yetkililere gerçek zamanlı bildirimler göndermektedir. Seul, bu teknoloji üzerinde çalışmalara başlayarak toplu taşımada anormal davranışları tespit eden gerçek zamanlı izleme ve takip sistemleri geliştirmektedir (Url-14). Ayrıca, yapay zekâ destekli sürücü destek sistemleri, toplu taşıma araçlarının yol koşullarına göre hızını ve hareketlerini optimize ederek güvenli bir seyahat deneyimi sunmaktadır. Singapur'da temassız bilet sisteminin kullanılması, özellikle çocuklu aileler, yaşlılar ve engelliler için kolaylık sağlayarak ulaşımı hızlandırmakta ve toplu taşımada kartlarla uğraşma süresini azaltmaktadır (Zhang, 2021).

Sonuç olarak, yapay zekâ ile bütünleşmiş yeşil ulaşım çözümleri, çevresel sürdürülebilirliği artırmakla kalmayıp, şehir içi güvenliğin de önemli bir unsuru haline gelmiştir. Gelişen teknolojilerle birlikte, yapay zekâ tabanlı trafik ve ulaşım sistemleri, gelecekte şehirlerde daha güvenli ve güvenilir ulaşım imkânları sunmaya devam edecektir. Bu gelişmeler, kazaların azaltılması, güvenli sürüş deneyimlerinin sağlanması ve toplu taşıma sistemlerinde yolcu güvenliğinin artırılması gibi alanlarda olumlu sonuçlar doğuracaktır.

#### 4.3. Yapay zekâ ve yeşil ulaşım birlikteliğinin kentlere verimlilik açısından etkisi

Yapay zekâ teknolojilerinin yeşil ulaşım sistemleriyle entegrasyonu, kentlerde ulaştırma sistemlerinin verimliliğini artırmada önemli katkılar sağlamaktadır. Ulaşım verimliliği, enerji tüketiminin optimize edilmesi, seyahat sürelerinin kısaltılması ve kaynakların etkin kullanımı gibi unsurları içermektedir. Bu bağlamda, yapay zekâ destekli akıllı ulaşım sistemleri, şehirlerin ulaşım altyapısını daha verimli hale getirerek hem ekonomik hem de çevresel faydalar sunmaktadır.

Yapay zekâ destekli ulaşım çözümleri, toplu taşıma ve bireysel ulaşımında verimliliği artıran çeşitli teknolojileri kapsamaktadır. Akıllı trafik yönetim sistemleri, yapay zekâ ile çalışan araç filoları ve veri tabanlı analizler sayesinde trafik sıkışıklığı önemli ölçüde azaltılmakta ve sürücülerin seyahat süreleri optimize edilmektedir. Örneğin, Çin'in Hangzhou şehri, trafik yönetiminde yapay zekâ kullanımında dikkat çekmektedir. Şehir, gerçek zamanlı trafik verilerini analiz eden bir sistemle araç akışını yönetmekte ve 2021-2035 yılları için yapay zekâ ve yeşil ulaşımı kentlere entegre etme hedefleri üzerinde çalışmalar yürütmektedir (Hangzhou Municipal Government, 2021). Bu sistemler, trafik sinyallerini dinamik olarak ayarlayarak araç akışını optimize etmekte ve şehir içi trafik akışının sürekli kontrolünü sağlamaktadır. IBM de akıllı şehir çözümleri kapsamında Watson platformunu kullanarak şehirlerin ulaşım verimliliğini artırmaya yönelik projeler geliştirmektedir (English, 2016).

Otonom araç teknolojileri, ulaşım verimliliği açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Yapay zekâ ile donatılmış otonom araçlar, daha verimli sürüş algoritmaları ve rota optimizasyonu sayesinde enerji tüketimini azaltmakta ve trafik sıkışıklığını önlemektedir. Bu araçlar, çevresel verileri gerçek zamanlı analiz ederek en kısa ve en az yakıt tüketimi gerektiren yolları seçmektedir. Bu teknolojiler, şehir içi



ulaşımın daha akıcı ve düzenli olmasını sağlarken, araçların boş seferlerle zaman ve yakıt kaybetmelerini de önlemektedir.

Carnegie Mellon Üniversitesi tarafından geliştirilen SurTrac sistemi, Pittsburgh'ta akıllı trafik sinyal kontrolü için kullanılan bir yapay zekâ çözümdür (Şekil 6). Bu sistem, 9 trafik sinyalini koordine ederek bekleme sürelerini %40, duraklamaları %30 ve emisyonları %20 oranında azaltmıştır. Denemeler sırasında bu sistemin seyahat sürelerini ortalama %25 oranında kısaltması dikkat çekmektedir (Carnegie Mellon University, 2019).



**Şekil 6.** Surtrac uygulaması çalışma modeli ve trafik sinyal teknolojisinin ilk test alanı Pittsburgh'un East Liberty bölgesi (Carnegie Mellon University, 2019).

Toplu taşıma sistemlerinin verimliliği, yapay zekâ ile önemli ölçüde artırılmaktadır. Akıllı toplu taşıma çözümleri, otobüs, tramvay ve metro seferlerinin daha etkili bir şekilde planlanması ve yolcu kapasitelerinin optimize edilmesi için yapay zekâ algoritmalarını kullanmaktadır. Örneğin, Japonya'daki akıllı sistemler, otobüs ve tren seferlerini yolcu yoğunluğuna göre ayarlayarak boş seferlerin önüne geçmekte ve bu optimizasyon sayesinde enerji verimliliğini artırarak daha az yakıt tüketimi sağlamaktadır (Pocard, 2021). Ayrıca, bu sistemler aracılığıyla bekleme süreleri kısaltılarak yolcuların toplu taşıma tercihleri teşvik edilmektedir.

Yapay zekâ, karayolu ulaşımının yanı sıra demiryolu ve havayolu taşımacılığında da verimlilik sağlamak için kullanılmaktadır. Fransız demiryolu şirketi SNCF, yapay zekâ destekli akıllı demiryolu sistemleri kullanarak enerji tüketimini optimize etmekte ve trenlerin yakıt verimliliğini artırmaktadır. Japonya'da, yüksek hızlı Shinkansen trenleri yapay zekâ sayesinde önemli enerji tasarrufları elde etmektedir (JR-Central, 2020). Havayolu şirketleri de benzer şekilde uçuş rotalarını optimize ederek yakıt tüketimini minimize etmekte; bu sistemler operasyonel maliyetleri azaltmakta ve çevresel etkileri hafifletmektedir.

Bireysel taşıma yöntemleri de yapay zekâ destekli çözümlerle daha verimli hale getirilmektedir. Elektrikli bisiklet ve scooter sistemleri, yapay zekâ tabanlı yazılımlar kullanılarak şehir genelinde en verimli kullanım noktalarına yerleştirilmekte ve bu araçların kullanım sıklığı artırılmaktadır. Bu araçlar, şehir içi kısa mesafeli ulaşımlarda bireysel araç kullanımını azaltarak trafik yoğunluğunu hafifletmekte ve enerji tüketimini düşürmektedir (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2022).

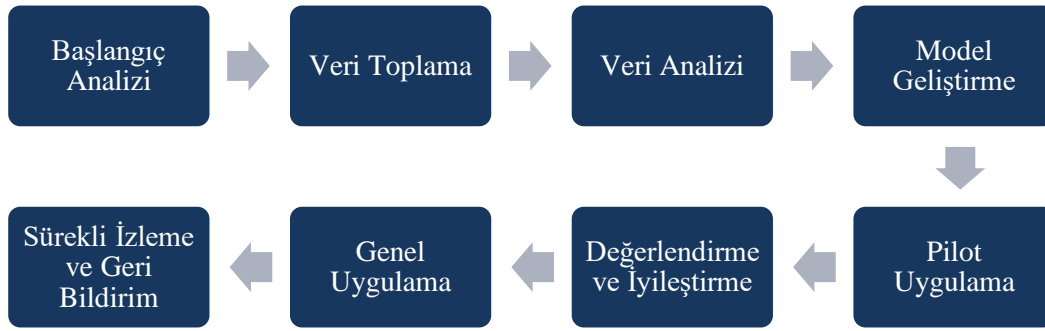
Sonuç olarak, yapay zekâ ve yeşil ulaşım birlikteliği, kentlerde verimlilik açısından birçok avantaj sunmaktadır. Yapay zekâ destekli ulaşım sistemleri, enerji tüketimini azaltmakta, kaynakları daha etkin kullanmakta ve yolculara daha hızlı ve güvenilir ulaşım hizmetleri sunmaktadır. Bu teknolojilerin

yaygınlaşması, şehirlerin gelecekte daha verimli, çevre dostu ve sürdürülebilir ulaşım altyapılarına sahip olmasına katkı sağlayacaktır.

#### 4.4. Yapay zekâ tabanlı yeşil ulaşım modelinin oluşturulması

Bu modelin oluşturulmasının temel amacı, kentlerin karmaşık ulaşım sorunlarına gelişen teknolojiler ile yenilikçi çözümler sunmaktır. Her bir bileşen, kentlerin ulaşım sistemlerini daha sürdürülebilir, güvenli ve verimli hale getirmek için entegre bir şekilde çalışmaktadır. Yapay zekâ destekli yeşil ulaşım modelinin geliştirilmesi, birbirini takip eden aşamalardan oluşan sistematik bir süreçtir.

Yapılan araştırmalar neticesinde elde edilen veriler doğrultusunda, yapay zekâ ve yeşil ulaşımın kentlere olan etkisini daha iyi anlamak amacıyla kapsamlı bir yönetim modeli oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulma aşamaları, şematik bir anlatımla görselleştirilmiştir (Şekil 7). Modelin ana bileşenleri, veri analizi, teknoloji entegrasyonu, sürdürülebilirlik hedefleri ve güvenlik önlemleri gibi unsurları içermektedir. Her aşama, uygulamaların etkinliğini artırmak ve kentlerin ulaşım sistemlerini geliştirmek için belirli hedeflere yönelik tasarlanmıştır.

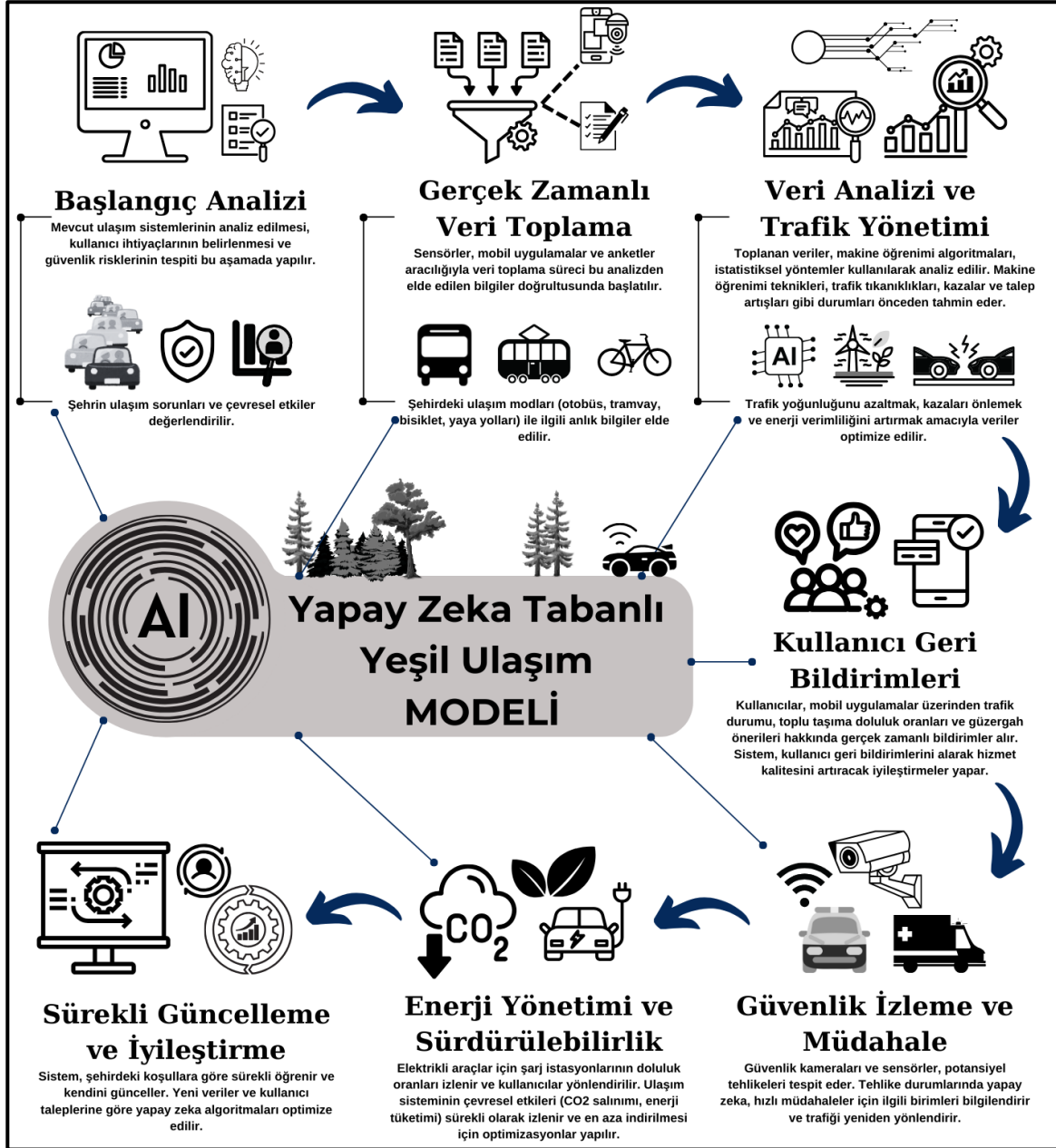


**Şekil 7.** Yapay zekâ tabanlı yeşil ulaşım modeli oluşturma adımları (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

1. **Başlangıç Analizi:** Mevcut ulaşım sistemleri, kullanıcı ihtiyaçları ve güvenlik riskleri detaylı bir şekilde analiz edilmektedir. Bu aşama, mevcut durumu anlamak ve iyileştirme fırsatlarını belirlemek amacı taşımaktadır.
2. **Veri Toplama:** Sensörler, mobil uygulamalar ve anketler aracılığıyla veri toplama süreci başlatılmaktadır. Bu veriler, ulaşım sistemlerinin performansını ve kullanıcı deneyimlerini değerlendirmek için kullanılacaktır.
3. **Veri Analizi:** Toplanan veriler, makine öğrenimi algoritmaları ve istatistiksel yöntemlerle analiz edilmektedir. Bu aşamada:
  - **Deskriptif Analiz:** Toplanan verilerin temel özelliklerini anlamak için özet istatistikler ve görselleştirmeler kullanılmaktadır.
  - **Korelasyon Analizi:** Farklı değişkenler arasındaki ilişkiler (örneğin, trafik yoğunluğu ile kaza oranları) incelenmektedir.
  - **Tahmin Modelleri:** Gelecek trafik akışını ve kullanıcı talebini tahmin etmek amacıyla regresyon analizi ve diğer makine öğrenimi teknikleri uygulanmaktadır.
4. **Model Geliştirme:** Elde edilen verilerle yapay zekâ algoritmaları kullanılarak yeni bir ulaşım modeli oluşturulmaktadır. Bu model, sistemin verimliliğini ve güvenliğini artırmak için optimize edilmektedir.
5. **Pilot Uygulama:** Geliştirilen model, belirli bir bölgede pilot uygulama ile test edilmektedir. Bu aşamada modelin işlevselliği ve etkinliği değerlendirilmektedir.



6. Değerlendirme ve İyileştirme: Pilot uygulamanın sonuçları değerlendirildikten sonra, verimlilik ve güvenlik açısından analizler ışığında model üzerinde iyileştirmeler yapılmaktadır.
7. Genel Uygulama: Başarılı pilot uygulama sonuçları, şehir genelinde yaygınlaştırılmaktadır. Bu aşama, modelin sürdürülebilirliğini ve ölçeklenebilirliğini sağlamaktadır.
8. Sürekli İzleme ve Geri Bildirim: Sistem, sürekli olarak izlenmekte ve kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda güncellemeler yapılmaktadır. Bu süreç, modelin adaptasyonunu ve iyileştirilmesini sağlar. Modelin bileşenleri ve amaçları, Şekil 8’de görselleştirilmektedir.



Şekil 8. Yapay zekâ tabanlı yeşil ulaşım modelini oluşturan bileşenler (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Bu sistematik yaklaşım, yapay zekâ tabanlı ulaşım modelinin oluşturulmasında temel bir çerçeve sunmaktadır. Her aşama, modelin bileşenlerini güçlendirerek; sürdürülebilir, verimli ve güvenli ulaşım çözümlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Model, çeşitli ulaşım sistemlerinin entegrasyonu, kullanıcı deneyimleri ve çevresel etkilerin azaltılması üzerine odaklanmaktadır.

Veri toplama ve analiz süreci: Modelin temel taşı, şehir içi ulaşım sisteminden sürekli olarak veri toplanmasıdır. Bu veri toplama süreci, sensörler, GPS, mobil uygulamalar ve anketler gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen gerçek zamanlı verileri içerir. Kullanıcı davranışları, trafik akışı, çevresel koşullar ve güvenlik riskleri hakkında bilgi toplama, ulaşım sisteminin mevcut durumunu analiz etmede kritik bir rol oynar. Gerçek zamanlı veri akışı sayesinde, olası sorunlar anında tespit edilir ve hızlı müdahale sağlanır.

Veri işleme ve yapay zekâ kullanımı: Toplanan verilerin ham hali, analiz edilmeden verimli kullanılamaz. Bu aşamada, yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmaları devreye girer. Yapay zekâ, trafiği optimize etmek, talep tahminleri yapmak ve güvenlik açıklarını belirlemek için verileri işler. Bu süreçte:

- Trafik yoğunluğunu azaltmak,
- Enerji tüketimini minimize etmek,
- Kazaları önlemek amacıyla stratejik kararlar alınır.

Ayrıca, çevresel etki ve enerji verimliliği gibi sürdürülebilirlik kriterlerine de dikkat edilerek verilerin işlenmesi sağlanır. Yapay zekâ destekli analizler sonucunda elde edilen veriler, farklı ulaşım modlarının (toplu taşıma, bisiklet yolları, yaya yolları) entegrasyonunu sağlamak amacıyla kullanılır. Bu aşamada, ulaşım modları arasında bir denge kurularak daha verimli bir ulaşım sistemi tasarlanır. Amaç, bireysel araçlara olan bağımlılığı azaltmak ve kullanıcıların sürdürülebilir ve güvenli ulaşım seçeneklerine yönlendirilmesidir.

Ulaşım modları koordinasyonu: Farklı ulaşım araçlarının (otobüs, tramvay, bisiklet) birbiriyle koordineli çalışması, şehirdeki ulaşımın etkinliğini artırır. Veri toplama ve analiz süreçlerinin tamamlanmasıyla birlikte, kullanıcılar için gerçek zamanlı geri bildirim mekanizmaları devreye girer. Kullanıcılara trafik durumu, alternatif güzergahlar ve güvenlik bilgileri anlık olarak iletilir. Bu bilgiler, kullanıcıların daha bilinçli kararlar almasını sağlar. Örneğin, trafik sıkışıklığı olan bölgelerden kaçınmaları veya en hızlı toplu taşıma seçeneğine yönelmeleri için kullanıcılara öneriler sunulur. Bu sayede, şehir içi trafik akışının dengelenmesi sağlanır ve kullanıcı deneyimi iyileştirilir.

Yenilikçi çözümler ve sürdürülebilirlik: Son aşamada, sürdürülebilirliği artırmak ve güvenliği sağlamak için yenilikçi çözümler uygulanır. Elektrikli araçlar için şarj istasyonları, akıllı trafik ışıkları ve güvenlik kameraları gibi teknolojik yenilikler hayata geçirilir. Bu sistemler, şehirdeki karbon ayak izini azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanılır. Aynı zamanda, kaza risklerini minimize etmek ve genel güvenliği artırmak için güvenlik inovasyonlarına yatırım yapılır. Bu adımlar, çevresel etkilerin azaltılmasına ve şehirdeki ulaşımın güvenli bir şekilde işlemesine katkı sağlar.

Bu model, yapay zekâ ve yeşil ulaşımın birlikteliğinin, sürdürülebilirlik, verimlilik ve güvenlik konularını ele alarak kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Kullanıcıların deneyimlerini iyileştirirken, çevresel etkileri minimize etmeyi ve ulaşım sistemlerinin genel güvenliğini artırmayı hedeflemektedir. Somut örnekler ile bu modeli destekleyecek olursak; Singapur akıllı trafik yönetim sistemi kullanarak trafik sıkışıklığını azaltmakta ve yol güvenliğini artırmaktadır. Yapay zekâ, trafik akışını optimize ederek sürücülerini alternatif rotalar hakkında bilgilendirmektedir. Amsterdam, Kopenhag ve Barcelona'da bisiklet ve toplu taşıma araçları teşvik edilerek, sürdürülebilir ve güvenli ulaşım seçenekleri sunulmaktadır. Barcelona'da 'Superblocks' projesi ile araç trafiği azaltılarak, yaya ve bisiklet kullanımına yönelik alanlar genişletilmiştir. Seul, akıllı ulaşım sistemleri ile trafik yönetimini optimize etmekte ve toplu taşıma araçlarının enerji verimliliğini artırmaktadır. Şehirde, kullanıcıların toplu taşıma araçlarının doluluk oranlarını ve tahmini varış sürelerini takip edebilecekleri uygulamalar geliştirilmiştir. Bu örnekler, yapay zekâ ve sürdürülebilir ulaşım uygulamalarının nasıl entegre edildiğini ve şehirlerin bu konulardaki başarılı yaklaşımlarını göstermektedir. Bu model kapsamında daha fazla pilot bölge seçilerek gerekli adımlar izlenerek geliştirilmesi hedeflenmektedir.

## 5. Sonuç

Bu çalışma, yapay zekâ ve yeşil ulaşımın entegrasyonunun kentlerde sürdürülebilirlik, güvenlik ve verimlilik açısından kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktadır. Sonuçlar, bu teknolojilerin şehir yaşamında kayda değer dönüşümler sağladığını göstermektedir. Özellikle artan nüfus, kentleşme ve enerji tüketimi gibi sürdürülebilirlik sorunlarına karşı yapay zekâ destekli yeşil ulaşım çözümleri, enerji verimliliğinin artırılması, karbon emisyonlarının azaltılması ve trafik yoğunluğunun hafifletilmesi gibi alanlarda önemli kazanımlar sunmaktadır.

Yapay zekâ, trafik yönetimi ve güzergâh optimizasyonundaki gerçek zamanlı veri analizleri ve öngörüselleştirme yetenekleriyle, şehir içi ulaşımın verimli ve sürdürülebilir olmasını desteklemektedir. Gelişmiş trafik yönetim sistemleri, trafik yoğunluğunu dinamik olarak yönetip alternatif rotalar sunarak trafik sıkışıklığını azaltmakta, sürücü ve çevre açısından faydalar sağlamaktadır. Türkiye ve dünyada, akıllı trafik yönetim sistemleri ve otonom araçlar sayesinde enerji tasarrufu sağlanmakta, daha güvenli sürüş ortamları yaratılmaktadır.

Çevresel etkiler açısından, yapay zekâ destekli yeşil ulaşım sistemleri karbon emisyonlarını büyük ölçüde azaltmaktadır. Elektrikli ve otonom araçların yaygınlaşması, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmakta ve enerji verimliliği sağlamaktadır. Avrupa Birliği ve diğer gelişmiş ülkeler elektrikli araç altyapısını güçlendirirken, Türkiye’de de Konya gibi şehirlerde akıllı bisiklet kiralama sistemleri ve İstanbul’da yapay zekâ destekli toplu taşıma projeleri çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Güvenlik açısından, yapay zekâ teknolojileri kentsel ulaşımında trafik kazalarını önlemek için kullanılmakta ve insan hatasından kaynaklanan kazaları büyük ölçüde azaltmaktadır. Tesla, Waymo gibi küresel firmaların yanı sıra Türkiye’deki akıllı şehir projeleri, otonom araçların ve yapay zekâ sistemlerinin güvenliği artırma potansiyelini göstermektedir. Trafik kazalarının büyük oranda insan hatasından kaynaklandığı göz önüne alındığında, yapay zekâ destekli araçların yaygınlaşması şehirlerde güvenliği önemli ölçüde artırmaktadır. Bisiklet ve elektrikli scooter gibi yeşil ulaşım araçlarının güvenliği de akıllı şehir uygulamalarıyla desteklenmiştir; akıllı sensörler ve veri tabanlı analizlerle güvenli bisiklet yolları geliştirilmiştir.

Verimlilik açısından ise yapay zekâ destekli ulaşım sistemleri, enerji tüketimini optimize etme ve kaynak kullanımını daha etkin hale getirmektedir. Güzergâh planlaması ve trafik optimizasyonu gibi yapay zekâ uygulamaları, toplu taşıma sistemlerinin etkinliğini artırarak yolculuk sürelerini kısaltmaktadır. Çin ve Singapur gibi ülkelerdeki akıllı trafik yönetim sistemleri, şehir içi trafiği %30’a kadar azaltarak şehirlerin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Sonuç olarak, yapay zekâ ve yeşil ulaşım entegrasyonu şehirler için sürdürülebilir, güvenli ve verimli bir ulaşım altyapısı oluşturmayı mümkün kılmaktadır. Bu dönüşümün başarılı bir şekilde sağlanması için güçlü altyapı, teknolojik kapasite, toplumsal farkındalık ve politika desteği gerekmektedir. Bu çalışmada önerilen model ve elde edilen bulguların, kent yönetimleri ve politika yapıcılar için stratejik adımlar atmada rehberlik sağlayacağı düşünülmektedir.

Gelecekte, bu modelin daha geniş bir uygulama alanı bulması, kentlerin altyapı ve politika yapılarıyla desteklenmesi halinde oldukça mümkün görünmektedir. Sürdürülebilirlik, güvenlik ve verimliliği artıran analiz yöntemleri ve başarı ölçütleri, modelin faydalarını somut olarak gözlemlemeye katkı sağlayacaktır. Ayrıca, politik süreçlerin mevcut düzenlemelerle uyumlu şekilde geliştirilmesi, dünya çapında standartlaşmaya katkı sunabilir. Geniş kapsamlı bir vaka çalışması ile de geleneksel ulaşım alışkanlıklarının yerine alternatif sürdürülebilir çözümler önerilmesi, şehirlerin daha yaşanabilir hale gelmesini destekleyebilir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

### Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Accenture Digital**, (2023). Monetizing Digital Services in Automotive: A wake-up call for automakers to rethink their strategic priorities, 5.
- Acemoglu, D. & Pascual, R.** (2018). The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares and employment. *American Economic Review*, 108 (6): 1488–1542.
- Akgüngör, A. & Doğan, E.** (2009). Trafik kazası tahminine yapay zekâ yaklaşımı: Model geliştirme ve uygulama. *Taşıma*, 24 (2): 135-142.
- Amsterdam Smart City**. (2019). (<https://amsterdamsmartcity.com/updates/news/amsterdam-smart-city-mobility-experience-delegati-amsterdam-2019>). 28.09.2024 tarihli erişim.
- Anonim**, (2022). Elektrikli Araçların Çevreye Yararları | Beefull Blog, 08.01.2024 Tarihli erişim.
- Anonim**, (2023). A Brief History of Autonomous Vehicle Technology, [Interactive Override Import / www-wired-com\\_\\_brandlab\\_\\_2016\\_\\_03\\_\\_a-brief-history-of-autonomous-vehicle-technology / 14/10/2020 15:52 | WIRED](https://www.wired.com/brandlab/2016/03/a-brief-history-of-autonomous-vehicle-technology/), 08.01.2024 Tarihli erişim.
- Baidu**. (2020).(<https://ir.baidu.com/static-files/60164d47-7103-4181-909c-57eea0355d83>). 17.09.2024 tarihli erişim.
- Beneicke, J., Juan, A.A., Xhafa, F., Lopez, D. & Freixes, A.** (2020). Empowering citizens' cognition and decision making in smart sustainable cities. in *IEEE Consumer Electronics Magazine*, (9): 102-108.
- Bjorklund, M.** (2011). Influence from the business environment on environmental purchasing-drivers and hinders of purchasing green transportation services. *J. Purch. Supply Manag.* (17): 11–22.
- Bonilla, D. & Foxon, T.** (2009). Demand for new car fuel economy in the United Kingdom, *J. Transp. Ekon. Politics*, (43): 55-83.
- Carnegie Mellon University**. (2019). (<https://www.cmu.edu/news/stories/archives/2019/october/traffic-moves-at-speed-of-technology.html>). 17.09.2024 tarihli erişim.
- Chen, X., Sheng, J., Wang, X. & Deng, J.** (2016). Exploring determinants of attraction and helpfulness of online product review: a consumer behaviour perspective. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 1-19.
- Chen, N., Chen, Y., Song, S., Huang, C. T. & Ye, X.** (2016). Poster abstract: Smart urban surveillance using fog computing. In *Proceedings- 1st IEEE/ACM Symposium on Edge Computing, SEC 2016* (pp. 95-96). Article 7774684 (Proceedings- 1st IEEE/ACM Symposium on Edge Computing, SEC 2016). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Chen, W., Milosevic Z., Rabhi F. & Berry, A.** (2023). Real-Time Analytics: Concepts, Architectures, and ML/AI Considerations. *IEEEAccess*, (11): 71634-71657.
- Çapalı, B., Terzi, S., & Saltan, M.** (2022). Toplu taşıma yolcularının sosyo-demografik özelliklerinin erişilebilirlik, bekleme ve seyahat süresi algısına etkisi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(4): 1303-1314.
- De Oña, J., De Oña, R. & Calvo, F.J.** (2012). A classification tree approach to identify key factors of transit service quality. *Expert Systems with Applications*, 39(12).
- Dell'Olio, L., Ibeas, A., Cecin, P.** (2011). The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), 217–227.
- De Vos, J., Waygood, E.O.D. & Letarte, L.** (2020). Modeling the Desire for Using Public Transport. *Travel Behaviour and Society*, (19): 90–98.
- Ebinger J. ve Vandycke, O.** (2015). Moving toward climate-resilient transport: the world bank's experience from building adaptation into programs, *Washington: World Bank*, 17-35.

- English, T.** (2016). Local Motors Creates Electric Autonomous Car That Drives IBM's Watson. *Interesting Engineering Article*.
- European Commission.** (2019). EU Mobility & Transport achievements 2019-2024. ([https://transport.ec.europa.eu/eu-mobility-transport-achievements-2019-2024/sustainable-smart-mobility\\_en](https://transport.ec.europa.eu/eu-mobility-transport-achievements-2019-2024/sustainable-smart-mobility_en)). 22.10.2024 tarihli erişim.
- European Parliament,** (2014). Mapping Smart Cities in The EU Brussels: Policy Department, Economic and Scientific Policy, Directorate-General For Internal Policies.
- Ezell, S.** (2010). Intelligent Transportation Systems. The Information Technology & Innovation Foundation. *Journal of Transportation Technologies*, 4 (3): 196-204.
- Ferguson, E.** (1997). The Rise and Fall of the American Carpool: 1970–1990. *Transportation*, 24(4): 349–376.
- Garret, O.** (2017). 10 million self-driving cars will hit the road by 2020: Here's How to Make a Profit. Forbes. (<https://www.forbes.com/sites/oliviergarret/2017/03/03/10-million-self-driving-cars-will-hit-the-road-by-2020-heres-how-to-profit/>) 10.10.2024 tarihli erişim.
- Grzelec, K. & Hebel, K.** (2016). Instruments shaping sustainable mobility of urban residents. *Torun Business Review*, 15 (3): 33-43.
- Hangzhou Municipal Government.** (2021). Hangzhou Transportation Seepeds Up the Construction of Comprehensive Transportation Network. (<https://www.seetao.com/details/117377.html>). 22.10.2024 tarihli erişim.
- Hazen, B.T., Mollenkopft, D.A. & Wang, Y.** (2016). Remanufacturing for the circular economy: An examination of consumer switching behavior. *Business Strategy and the Enviroment*, (26) 4: 451-464.
- Hoogendoorn, S.P. & Bovy, P.** (2001). State-of-the-art of vehicular traffic flow modelling. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 215(4): 283–303.
- Ibrahim, M.** (2003). Improvements and Integration of a Public Transport System: The Case of Singapore. *Cities*, 20 (3): 205-216.
- ISBAK, (2022).** Akıllı Ulaşım Sistemleri: Trafik Yönetim Sistemleri. 08.01.2024 Tarihli erişim.
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q., Shen, H. & Wang, Y.** (2017). Artificial Intelligence in Healthcare: Past, Present and Future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2 (4): 230–243.
- Jiang, Z., Chen, Y., Li, X. & Li, B.** (2021). A heuristic optimization approach for multi-vehicle and one-cargo green transportation scheduling in shipbuilding. *Advanced Engineering Informatics*, **49**, 101306.
- JR-Central.** (2020). Contribution to Global Environment Preservation (<https://global.jr-central.co.jp/en/company/environment/contribution.html>). 19.09.2024 tarihli erişim.
- Kalra, N. & Paddock, S.M.** (2016). Driving to safety: How many miles of driving would it take to demonstrate autonomous vehicle reliability? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94: 182-193.
- Kastal, A. & Köse, A.O.** (2009). Yapay Zekâ, XIV. Türkiye'de İnternet Konferansı, Bilgi Üniversitesi, Aralık 12-13, 2009.
- Konya Büyükşehir Belediyesi.** (2022). Konya Akıllı Şehir Stratejisi ve Yol Haritası 2022 – 2030.
- Kushwaha, A.K. Pharswan, R., Kumar, P. & Kar, K.A.** (2022). How Do Users Feel When They Use Artificial Intelligence for Decision Making? A Framework For Assessing Users. Perception. Information System Frontier. *Information System Frontiers*, 25-3(17):1260.
- Lawson, S.** (2018). Tackling the Transition to Automated Vehicles, Roads that Cars can Read Report III. European Road Assessment Association.

- Lin, P.** (2016). Why ethics matters for autonomous cars. In: *Autonomous Driving. Springer Berlin Heidelberg*, 69-85.
- Litman, T.** (2020). Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning. *Victoria Transport Policy Institute*, 24 March 2020.
- Lu, N., Cheng, N., Zhang, N., Shen X. & Mark, J.W.** (2014). Connected Vehicles: Solutions and Challenges. in *IEEE Internet of Things Journal*, (1): 89-299.
- Maheshwari, P., Khaddar, R. & Kachroo, P.** (2016). Sürdürülebilir Ulaşım Sistemlerinin Planlanmasına Yönelik Performans Endekslerinin Dinamik Modellenmesi. 16, 371–393.
- Milakis, D., Arem, B. & Wee, B.** (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21(4), 324–348.
- Mohammed, A.A., Burhanuddin, B.A. & Basiron, D.** (2018). Tunggal Key Enablers of IoT Strategies in the Context of Smart City Innovation. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 10(4): 582-589.
- NHTSA.** (2017). NHTSA-IIHS Announcement on AEB. (<https://www.nhtsa.gov/press-releases/nhtsa-iihs-announcement-aeb>). 22.10.2024 tarihli erişim.
- Niestadt, M., Debyser, A., Scordamaglia, D. & Pape, M.** (2019). Artificial Intelligence in Transport: Current and Future Developments, Opportunities and Challenges. European Parliamentary Research Service. EPRS\_BRI (2019) 635609\_EN.pdf (europa.eu).
- Nimako, S.G. & Winneba, K.G.** (2012). Consumer Replacement Behavior: A Theoretical Review and Research Agenda. *Social Science and Management Research Journal*, 2 (3): 74-85.
- Nishant, R., Kennedy, M. & Corbett, J.** (2020). Artificial Intelligence for Sustainability: Challenges, Opportunities, and a Research Agenda. *International Journal of Information Management*, 53, 102104.
- Page, J.F., Bellis, E.S., Scheifflee, T.G. & Hendricks, S.L.** (2001). The Relative Frequency of Unsafe Driving Acts in Serious Traffic Crashes, Smart Technical Report, U.S. Department of Transportation. [The Relative Frequency of Unsafe Driving Acts in Serious Traffic Crashes \[Summary Report\] \(bts.gov\)](#).
- Pandey, K.A.** (2023). Development and Deployment of Green Artificial Intelligence. *International Journal of Mathematics and Computer Research*, 11(4): 3328-3332.
- Parkinson, S., Ward, P., Wilson, K. & Miller, J.** (2017). Cyber Threats Facing Autonomous and Connected Vehicles: Future Challenges, in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18, 2898-2915.
- Pocard, N.** (2021). 4 Ways to Improve Public Transport (With Input From the Public), *Clean Energy Fuel Cell Electric Buses*.
- Poyet, P.** (2022). The Rational Climate e-Book, (2nd Edition) (4) (PDF) [The Rational Climate e-Book \(2nd Edition\) \(researchgate.net\)](#).
- Rietveld, P. & Daniel V.** (2004). Determinants of bicycle use: Do municipal policies matter? *Transp. Res. A*, 38, 531–50.
- Sayed, S., Yasser, A.H. & Hefny, H.** (2023). Artificial intelligence-based traffic flow prediction a comprehensive review. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 10 (1): 42.
- Schwall, M., Daniel, T., Victor, T., Favaro, F. & Hohnhold, H.** (2020). Autonomous Driving Safety Report.
- Senin, S.N., Fahmy-Abdullah, M. & Masrom, M.A.N.** (2021). The implementation of green transportation towards low carbon city, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 736, 012063.
- Singh, S. & Saini, B.S.** (2021). Autonomous cars: Recent developments, challenges, and possible solutions, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1022.

- Smart Nation Singapore.** (2019). National Artificial Intelligence Strategy. *Smart Nation Singapore*. (<https://www.smartnation.gov.sg/files/publications/national-ai-strategy-summary.pdf>).22.10.2024 tarihli erişim.
- Suman, S. (2021).** Artificial intelligence in nuclear industry : chimera or solution. *Journal of Cleaner Production* 278, 124022.
- Sussmann, J.M.** (2005). Perspectives on Intelligent Transportation Systems, Springer, New York.
- Taştan, Y. & Kaymaz, H.** (2021). Otonom Araçların Yaygınlaşmasının Önündeki Zorluklar. *International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 33 (2): 195-209.
- Tektaş M., Akbaş A. & Topuz V.** (2002). Yapay Zekâ Tekniklerinin Trafik Kontrolünde Kullanılması Üzerine Bir İnceleme, I. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi.
- Tesla.** (2022). Tesla Autonomy Day: AI in Sustainable Driving. Tesla Inc. (<https://www.tesla.com/support/autopilot>).
- Todorovic, M. & Simic, M.** (2019). Current State of the Transition to Electrical Vehicles. in *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services*. Cham: Springer International Publishing.
- Transport for London,** (2019). (<https://web.archive.org/web/20140228171902/http://www.tfl.gov.uk/gettingaround/walking/2896.aspx>) 28.12.2023 tarihli erişim.
- Treiber M. & Kesting A.** (2013). *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation*, Springer Heidelberg New York Dordrecht, London, Berlin.
- Treiblmaier, H., Rejeb, A. & Strebinger, A.** (2020). Blockchain as a driver for smart city development: Application fields and a comprehensive research agenda. *Smart Cities*, 3(3): 853-872.
- Tseng, H. & Wu, J.** (2012). Affordability of electric vehicles for a sustainable transport system: An economic and environmental analysis. *Energy Policy* 61:441-447.
- Uluslararası Enerji Ajansı,** (2021). *Net Zero By 2050*, IEA: Paris, France.
- UN. (2021).** The sustainable development goals report 2021. *New York: UN*.
- Vallati, M.** (2006). *AI Planning for Urban Traffic Control: Moving from Objects to Flows*.
- Walker, J.** (2015). Mobilizing Intelligent Transport Systems (AUS)-Intelligent Transport Systems Report. (<https://www.gsma.com/iot/wpcontent/uploads/2015/09/ITS-report-new.pdf>).15.09.2024 tarihli erişim.
- Wang, J., Chen, R. & He, Z.** (2019). Traffic speed prediction for urban transportation network: A path based deep learning approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 100, 372-385.
- Wann-Ming, W.** (2019). Constructing urban dynamic transportation planning strategies for improving quality of life and urban sustainability under emerging growth management principles. *Sustainability*, 44, 275–290.
- Wilbur, M., Sivagnanam, A., Ayman, A., Samaranayake, S., Dubey, A. & Laszka, A.** (2023). Artificial Intelligence for Smart Transportation. [2308.07457.pdf \(arxiv.org\)](https://arxiv.org/abs/2308.07457).
- WHO. (2023).** Global status report on road safety 2023.
- WMO. (2020).** United in Science report: Climate Change has not stopped for COVID19.
- Wu, J., Wang, Y., Li, W. & Wu, H.** (2021). Research on Green Transport Mode of Chinese Bulk Cargo Based on Fourth-Party Logistics. *Journal of Advanced Transportation*, 1-16.
- Yiğit, E., Öner, A.E. & Yöntem, O.** (2020). The effects of autonomous vehicles on the automotive industry and the innovations they bring, *International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 181-186.

**Zhang, X.** (2021). Analysis of Smart Cities in Singapore-Based Artificial Intelligence, *IEEE International Conference on Robotics, Automation and Artificial Intelligence (RAAI), Hong Kong*, 73-77.

**Zhenlin, W., Peng, Z. & Shulin, A.** (2012). Efficiency Evaluation of Beijing Intelligent Traffic Management System Based on super-DEA.

**Url-1** <[https://tr.wikipedia.org/wiki/Otomobilin\\_tarihi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Otomobilin_tarihi)>, erişim tarihi 12.01.2024.

**Url-2** <<https://ev.hedeffilo.com/ev-nedir/elektrikli-araclar-hakkinda>>, erişim tarihi 12.01.2024.

**Url-3** <<https://www.garantibbva.com.tr/blog/surdurulebilir-ulasim-nedir>>, erişim tarihi 12.01.2024.

**Url-4** <<https://www.akillisehirler.gov.tr/akilli-ulasim/>>, erişim tarihi 12.01.2024.

**Url-5** <[www.upperinc.com](http://www.upperinc.com)>, erişim tarihi 12.01.2024.

**Url-6** <<https://fareye.com/resources/blogs/ai-route-optimization>>, erişim tarihi 12.01.2024.

**Url-7** <<https://www.akillisehirler.gov.tr/2023/08/14/singapur-otonom-araclar-projesi/>>, erişim tarihi 08.01.2024.

**Url-8** <[https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving\\_car](https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car)>, erişim tarihi 12.01.2024.

**Url-9** <<https://dig.watch/trends/rise-autonomous-vehicles>>, erişim tarihi 02.04.2024.

**Url-10** <<https://www.mercedes-benz.com.tr/passengercars/brand/me-time/teknoloji-ve-inovasyon/baglantili-araclar.html>>, erişim tarihi 02.04.2024.

**Url-11** <<https://climate-box.com/textbooks/3-how-to-prevent-dangerous-climate-change/3-1-1-what-is-energy/>>, erişim tarihi 02.04.2024.

**Url-12** <[https://en.wikipedia.org/wiki/Tokaido\\_Shinkansen](https://en.wikipedia.org/wiki/Tokaido_Shinkansen) >, erişim tarihi 15.09.2024.

**Url-13** <<https://webrazzi.com/2016/06/17/elektrikle-calisan-surucusuz-minibus-olli-yola-cikiyor/>> erişim tarihi 15.09.2024.

**Url-14** <<https://www.straitstimes.com/asia/east-asia/seoul-to-use-ai-to-enhance-public-safety-on-subways> > erişim tarihi 14.10.2024.