



EGE ÜNİVERSİTESİ
Ulaştırma Yönetimi Araştırmaları Dergisi
Journal of Transportation Management Research
<https://jotmar.ege.edu.tr/>

Geliş/Received: 26.04.2023 Kabul/Accepted: 30.04.2024
Araştırma Makalesi

Ulaştırma Modlarının Geleceği: Yapay Zekânın Akıllı Ulaşım Sistemlerine Entegrasyonu

Armağan MACİT¹

Özet

Temel ihtiyaç kapsamında değerlendirilmesi gereken ulaşım bilgi teknolojileri, iletişim teknolojileri, algılama teknolojileri gibi sistemlerin entegre olması ile akıllı ulaşım teknolojileri gelişmiştir. Çok uzun yıllardır gelişen ulaşım sistemleri günümüzde dijital, teknolojik, sürdürülebilir ve verimli bir hale gelmiştir. Ancak teknolojik gelişmelere paralel olarak tüm ulaşım modlarında akıllı ulaşım sistemleri de gelişerek güncellenmektedir. Teknolojinin geldiği son noktada yapay zekâ iş süreçlerine, günlük yaşama dolayısı ile ulaşım entegre olmaya başlamıştır. Tüm sektörlerde ve kullanım alanlarında köklü değişim yaratan yapay zekânın akıllı ulaşım sistemlerinde yaratacağı etki ile ulaşımın geleceğinin baştan kurgulanacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Bu bağlamda, çalışmada geniş kapsamlı bir literatür taraması ile, yapay zekânın karayolu, denizyolu, demiryolu ve havayolu ulaşım modlarına nasıl entegre olduğu ve olabileceği araştırılmıştır. Yapılan araştırma ile yapay zekâ ekseninde ulaşım modlarının geleceği tartışılmıştır. Araştırma ile ulaşım modlarında yapay zekâ ile ilgili yapılan akademik çalışmaların genel bir resmi çıkarılmıştır. Çalışmada yapay zekânın tüm ulaşım modlarında akıllı ulaşım sistemlerinin merkezi konumuna geleceği, aynı zamanda akıllı şehirler içerisinde akıllı ulaşım sistemlerinin suç önleme, acil durum hizmetleri gibi diğer akıllı sistemlere de entegre olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Ulaştırma Sistemleri, Yapay Zekâ, Ulaştırma Modları.

The Future of Transportation Modes: Integration of Artificial Intelligence into Intelligent Transportation Systems

Abstract

Smart transportation technologies have developed with the integration of systems such as information technologies, communication technologies and perception technologies into transportation, which should be considered within the scope of basic needs. Transportation systems, which have been developing for many years, have now become digital, technological, sustainable and efficient. However, in parallel with technological developments, smart transportation systems are developed and updated in all transportation modes. At the latest point in technology, artificial intelligence has begun to be

¹ Dr., Ege Üniversitesi, Havacılık Meslek Yüksekokulu, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Programı, armagan.macit@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5694-8285.

integrated into business processes, daily life and therefore transportation. It is an inevitable fact that the future of transportation will be reimagined with the impact that artificial intelligence, which creates radical changes in all sectors and areas of use, will create in smart transportation systems. In this context, the study investigated how artificial intelligence can be integrated into road, sea, railway and air transportation modes through a comprehensive literature review. With the research, the future of transportation modes was discussed on the axis of artificial intelligence. With the research, a general picture of the academic studies on artificial intelligence in transportation modes was obtained. The study concluded that artificial intelligence will become the center of smart transportation systems in all transportation modes, and that smart transportation systems in smart cities can also be integrated with other smart systems such as crime prevention and emergency services.

Keywords: Intelligent Transportation Systems, Artificial Intelligence, Transportation Modes.

1. GİRİŞ

Ulaştırma modları teknoloji ekseninde sürekli gelişme göstermektedir. Bu gelişmeler, daha kolay erişilebilirlik, kabiliyet, kolaylık, maliyet avantajı gibi çıktılar ile görülmektedir. Günümüzde teknolojinin gelmiş olduğu son noktada yapay zekâ günlük yaşamda etkili olmaya başlamıştır. Günlük yaşamın en önemli işlevlerinden olan ulaşımında yapay zekâyâ entegrasyonu kaçınılmaz hale gelmektedir. Gelişen yapay zekâ teknolojisinin ulaşım entegrasyonu, insanların ve malların güvenli, uygun maliyetli ve sürdürülebilir hareketini sağlamak için oldukça önemli görülmektedir (Khan vd., 2022).

Yapay zekâ, davranış algılama ve merkezi yönetim yoluyla yolcu memnuniyetini, trafik güvenliğini ve genel hizmet kalitesini artırarak, trafik sıkışıklığı ve emülsiyonu azaltarak akıllı ulaşım sistemlerinin gelişmesine ve gelecekteki ulaşım projeksiyonunun oluşmasına sebep olmaktadır (Kour vd. 2022). Aynı zamanda lojistik süreçlerin optimizasyonunda da oldukça önemli bir görev istenmektedir (Saeed vd. 2023).

Havayolu, demiryolu, denizyolu ve karayolu olmak üzere temel 4 ulaşım modu da yapay zekânın farklı özelliklerinden faydalanarak, akıllı ulaşım sistemlerini geliştirmeye çalışmaktadır. Bu durum ulaştırma modlarının geleceğinin yapay zekâ ekseninde şekilleneceğinin göstergesidir. Yapay zekâ teknolojisi keşfedilene kadar öngörülen ulaştırma geleceği ile günümüzde öngörülen ulaştırma geleceği büyük farklılıklara sahiptir. Bu bağlamda yapay zekânın ulaştırma modlarının geleceğini baştan inşa etliği söylenebilir.

Bu çalışmada, öncelikle yapay zekâ ve akıllı ulaşım sistemleri ile ilgili olarak geniş yelpazede bir literatür araştırması yapılacaktır. Ulaşılan akademik çalışmaların, yapay zekânın akıllı ulaşım sistemlerine nasıl entegre olduğu ile ilgili verdiği bilgiler dikkate alınarak, tartışılacaktır. Bu ekseninde yapay zekânın akıllı ulaşım teknolojilerine entegre olarak bize nasıl bir ulaştırma geleceği inşa edebileceği tartışılacaktır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüz toplumlarının değişen yaşam koşulları, ulaşım faaliyetlerinden yararlanma zorunluluğunu arttırmaktadır. Bu durum şehirlerin ulaşım sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılarak, ulaştırma yatırımlarının artmasına yol açmaktadır (Kumar vd., 2018). Ancak tüm bu yatırım harcamalarına rağmen trafik, zamanlama, kapasite ve altyapı yetersizliği gibi birçok ulaşım problemi ile karşılaşmaktadır. Bu durum mevcut altyapının geliştirilmesinde yaşanan problemleri çözene kadar var olan altyapının en etkin şekilde kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Akıllı ulaştırma sistemleri, teknolojik olarak ulaşım altyapısının etkin ve verimli kullanılabilmesini sağlamaktadır.

Akıllı Ulaşım Sistemi(AUS), ulaşım verimliliğini, güvenliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için sensörler, iletişim sistemleri ve veri analitiği gibi teknolojileri kullanan ulaşım yönetimi ve altyapısında teknoloji odaklı bir yaklaşımı ifade etmektedir (Satpute vd., 2022). AUS, küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) izleme, gerçek zamanlı veri analizi ve mobil uygulamalar gibi araçları kullanarak güzergâhlar, programlar ve trafik koşulları hakkında doğru bilgi sağlayarak yolcu deneyimini geliştirir, böylece toplu taşıma sistemlerinde belirsizliği ve bekleme sürelerini iyileştirmektedir. Teknolojiye dayalı olan akıllı sistemler karar verme süreçlerini kolaylaştırmaktadır (Çapalı, 2022). Ayrıca, AUS, endüstri 4.0, mobil uygulamalar, artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti gibi en son teknolojilere de kolayca uyum sağlayarak sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesini kolaylaştırır (Chu & Cao, 2022).

Zhang vd. (2011) çalışmalarında nesnelerin interneti (IOT) fikirlerinin kentsel ulaşım üzerindeki etkisini araştırmak için akıllı bir ulaşım sisteminin özelliklerini analiz etmişlerdir. Yüksek teknolojinin ilerlemesi ve artan trafik sorunlarının da eşlik etmesiyle gelecekte gerçekçi ve vazgeçilmez hale gelecek olan nesnelerin interneti tabanlı AUS, sürdürülebilir ulaşımın yeni bir tercihi olacaktır, sonucunu paylaşmışlardır.

Debnath vd. (2014) yaptıkları çalışmada, akıllı ulaşım sisteminin uygun tanımı içi akıllılığın uygun göstergelerini belirleme karmaşıklığını çözmek istemişlerdir. Şehirleri ulaşım sistemlerindeki akıllılığa göre kıyaslamak için kapsamlı ve pratik bir çerçeve önermişlerdir. Dünya çapında 26 şehirden web araması yoluyla ve ilgili ulaşım otoriteleri ve kurumlarıyla temasa geçilerek toplanan bir dizi veri seti ile yapmış oldukları araştırmalarında, Londra, Seattle ve Sydney'in dünyanın en akıllı ulaşım şehirleri arasında olduğunu, Seattle ve Paris'in akıllı özel ulaşım hizmetlerinde üst sıralarda yer aldığını belirtmişlerdir. Londra ve Singapur'un toplu taşıma hizmetlerinde başarılı olduğunu, Londra'nın acil durum ulaşım hizmetleri açısından da en akıllı şehir olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Kumar vd. (2018) çalışmalarında, artan trafik ve nüfus gibi sebeplerle ulaştırma otoriteleri üzerindeki baskının arttığını belirtmişlerdir. Akıllı ulaştırma sistemlerine yönelik yenilikçi fikirleri 7 kategoride sınıflandırmışlardır. Akıllı ulaşım sistemlerinin yenilikçi fikirlerle uygulanmasının şehirlerin sürdürülebilir ve nüfus hareketliliğini karşılayabilecek verimli bir ulaşım sistemini ortaya çıkarabileceğini vurgulamışlardır.

Shviatsova ve Shuts (2020) yılında yapmış olduğu çalışmada, yolcu trafiğindeki değişikliklere gerçek zamanlı olarak uyum sağlayabilen, insansız elektrikli araçlara dayalı akıllı bir kentsel ulaşım sisteminin işleyişine ilişkin ilkeleri ele almıştır. Çalışma sonucunda, yeni bir toplu taşıma türü haline gelebilecek, infobus adı verilen sunucu insansız araçların uzaktan çalıştırılmasına dayanan akıllı bir şehir içi yolcu taşıma sisteminin hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlayacağına değinmiştir.

Mobin ve Roy (2021) yaptıkları çalışmada, akıllı ulaşım sistemlerine yönelik çalışmaları sistematik olarak inceleyerek özellikle bulut tabanlı sistemlere odaklanmışlardır. Hizmet alan merkezli akıllı ulaştırma sistemi önerisinde bulunmuşlardır, hizmet sağlayıcıların dijital kartlar aracılığı ile hizmet alanı bilebilmesini ve bunun bulut tabanı üstünden yapılmasının avantajlarını vurgulamışlardır.

Telang vd. (2021) yılında oluşturmuş oldukları kitapta 8 bölümde 1990'lı yılların başında ortaya çıkan "smart city (akıllı şehir)" kavramı içerisinde akıllı ulaştırma sistemlerine değinmişlerdir.

Akıllı ulaştırma sistemleri akademik literatürün oldukça üstüne eğildiği bir konu olarak görülmektedir. Farklı örnek şehirler, farklı metodlar, farklı otonom araç önerileri ile çok sayıda çalışma, akıllı ulaştırma sistemlerinin gelişmesine ve öneminin anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Yapay zekâ teknolojisinin gelişmeye başlaması ile literatürde yapay zekâ ve akıllı ulaştırma sistemlerini tartışan çalışmalar da görülmeye başlamıştır.

Yapay zekânın akıllı ulaşım sistemlerine entegrasyonu, önemli potansiyel faydaları olan hızla gelişen bir alan olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ teknolojileri, kullanıcı deneyimlerini geliştirmek, güvenliği artırmak ve operasyonları optimize etmek için otomotiv ve toplu taşıma sektörlerinde uygulanmaktadır. Yapay zekânın özellikle akıllı araçlardaki kullanıcı etkileşimlerinde sürükleyici deneyimler sunduğu görülmektedir (Stapnen vd., 2023). Ayrıca yapay zekânın sigara içmek veya emniyet kemeri takmamak gibi kural dışı davranışları tespit ederek yolcu memnuniyetini ve trafik güvenliğini artırdığı görülmektedir (Guo vd., 2023). Bu gelişmelerle yapay zekânın akıllı ulaşım sistemleri üzerindeki dönüştürücü etkisi olduğu ve kullanıcı deneyimini önemseyen akıllı ulaştırma sistemlerinin gelecekte önemli yer tutacağı hakkında fikir vermektedir.

Machin vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada, akıllı ulaşım sistemlerini geliştirmek için uygulanan çeşitli yapay zekâ tekniklerine ilişkin bir çalışma sunmuşlardır. Ayrıca araç içi sensörlerden ve ağ cihazlarından toplanan büyük miktarda verinin işlenmesinde yapay zekânın önemine değinmişlerdir. Akıllı ulaştırma sistemlerini destekleyen yapay zekâ sistemlerinin uygulama alanları araç kontrolü, trafik kontrolü ve tahmini, yol güvenliği ve kaza tahmini şeklinde üç ana grupta sınıflandırmışlardır.

Abduljabbar vd. (2019) yapmış oldukları çalışmalarında, dijital çağda çok büyük miktarda niceliksel ve niteliksel verinin yapay zekânın mevcut olması ışığında, daha verimli ve etkili bir şekilde ele alınabildiğine değinmişlerdir. Taşıma alanına giren yapay zekâ yöntemlerini, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, simüle edilmiş tavlama, yapay bağışıklık sistemi, karınca kolonisi optimize edici, arı kolonisi optimizasyonu ve bulanık mantık modeli şeklinde örneklenmiştir. Ulaşım otoritelerinin trafik sıkışıklığının giderilmesinde hızlı bir iyileşme sağlamak, müşteriler için seyahat süresini daha güvenilir hale getirmek ve hayati varlıkların ekonomisini ve üretkenliğini artırmak gibi amaçlarla yapay zekânın kullanımına destek verdiklerini belirtmişlerdir.

Ran vd. (2019) çalışmalarında, otonom araçlarda yapay zekâ desteğine odaklanmıştır. Araçlarda yer alan sensörlerden gelen veri akışlarını anlamlandırmak için gelişmiş yapay zekâ algoritmaları geliştirilip araç üzerinde kullanıldığına değinmişlerdir. Yapay zekâ algoritmalarının aynı zamanda insan sürücülerin davranışlarından öğrenmesi ve aracın nasıl sürüleceğini ve etrafındaki her şeyle nasıl etkileşime gireceğini çözmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Araçların diğer araçlarla etkileşimi konusunda yapay zekâdan destek alınabileceğini söylemişlerdir.

Sukhadia vd. (2020) çalışmalarında, hızlı kentleşmenin önemli bir problemi olarak ortaya çıkan ve yetersiz kalan manuel trafik sistemlerinin verimli hale getirmek için yapay zekâdan deste alınabileceğini söyleyerek bir sitem önermişlerdir. Büyük trafik sorunlarından müzdarip kentsel şehirlerdeki seyahat senaryoları karşısında fark yaratmak amacıyla ulaşımın gidişatını düzenlemek ve yönetmek için yapay zekâyı ve otomatik yönetim ve uygulamalarının kullanılmasını faydalı bulduklarını belirtmişlerdir.

Bharadiya (2023) yapmış olduğu çalışmada, makine öğrenimi ve yapay zekânın akıllı şehirlerin oluşmasını sağlayan ulaştırma sistemlerinde nasıl kullanabileceğini tartışmıştır. Bu teknolojilerin modelleme-simülasyon, dinamik yönlendirme ve tıkanıklık yönetimi ve akıllı trafik kontrolü gibi görevlerde kullanıldığına değinmişlerdir. Makine öğrenimi ve yapay zekânın hava, demiryolu ve karayolu yolculuğu gibi farklı ulaşım modlarında kullanılmaya başlandığına dikkat çekmiştir. Çalışmada, yapay zekânın etmen hesaplama paradigması, aracı tabanlı trafik kontrol ve yönetim sistemleri, ajan teknolojisi gibi gelecekte çok önemli etkiler yaratacak sistemlerin gelişimine olan katkısı değerlendirilmiştir.

3. METODOLOJİ

Çalışmada geniş eksenli bir literatür taraması yapılmıştır. Scopus, Google akademik, IEEE Xplore veri tabanları kullanılmıştır. Tarama yapılırken, akıllı ulaştırma sistemleri ve yapay zekâ ilişkisi hem genel hem de ulaştırma modları özelinde araştırılmıştır. Ulaşılan çalışmalar nitel olarak değerlendirilmiş, literatürün nicel bir resminin çizilmesine ihtiyaç duyulmamıştır.

3.1. Yolcu Taşımacılığında Yapay Zekâ Uygulamaları

Yolcu taşımacılığında yapay zekâ uygulamaları, güvenliği, verimliliği ve kullanıcı deneyimini artırmayı amaçlayan çeşitli yenilikçi çözümleri kapsamaktadır. Bu uygulamalar arasında ulaşım aracının kullanan kişinin davranışlarını izlemek ve geliştirmek için bilgisayarlı görme sistemleri, gelişmiş iletişim ve yolcu deneyimi için sohbet ve alarm modüllerini entegre eden gerçek zaman etkileşimli toplu taşıma uygulamaları ve bilgi işlem yoluyla toplu taşıma duraklarında yoğunluğu ölçmeye yarayan derin öğrenmeye dayalı bilgisayar görme uygulamaları yer alır (Taner vd., 2023; Soy, 2023).

Karayolu yolcu taşımacılığında yapay zekâ, bilgisayar görüşüyle yolcu memnuniyetini, trafik güvenliğini ve sürücü davranış izlemesini arttırarak istenmeyen davranışlarda %93'lük bir azalmaya neden olmaktadır (Taner vd., 2023). Yapay zekâ, hizmet olarak hareketlilik ve akıllı taşımacılık sistemleri gibi gelişmelerle otomatik, optimize edilmiş ve kişiselleştirilmiş taşımacılığı desteklemektedir (Schneider vd., 2022). Ayrıca, akıllı kameralar ve video gözetim sistemlerinden gelen veri analiziyle toplu taşıma verimliliğini artırırken, altyapı planlaması ve filo yönetimini optimize ederek elektrikli araçlara geçişi kolaylaştırmaktadır (Dempsey, 2022). Ancak işgücünün yer değiştirmesi ve karar verme ikilemleri gibi zorlukları azaltmayı amaçlayan karayolu yolcu taşımacılığı da dâhil olmak üzere ulaşımında yapay zekânın uygulanmasındaki yasal sorunlar bulunduğu görülmektedir (Arkhiereev, 2023).

Demiryolu yolcu taşımacılığında yapay zekâ, demiryolu transit istasyonlarında yolcu akış hacmi, yoğunluğu ve yürüme hızı gibi kalabalık analitiği için kullanılarak operasyonları ve güvenlik yönetimini geliştirmektedir (Zhu vd., 2024). Demiryolu yolcu taşımacılığında güvenliği, verimliliği ve maliyet etkinliğini arttıran yapay zekâ, tahmine dayalı bakım ve akıllı gözetim sistemlerini destekleyerek önemli faydalar sağlamaktadır (Ficzere, 2023). Demiryolu taşımacılığı filolarının yönetimi, güvenliği ve verimliliğini arttırmak amacıyla yapay zekânın tren kontrol ve izleme sistemlerine entegrasyonu gerçekleştirilmektedir (Kalinowski & Weichbroth, 2023).

Denizyolu yolcu taşımacılığında yapay zekâ, çeşitli akıllı araçlarla denizcilik uzmanlarının bilinçli kararlar alabilmesi, güvenliğin arttırılabilmesini sağlayan analizlerin yapılması ve sonuçlarla alternatif çözümler üretilebilmesi amacı ile kullanılmaktadır (Biolcheva & Valchev, 2023). Ayrıca, Denizyolu taşımacılığında gemi hareket modellemesi, enerji optimizasyonu, insansız gemiler, rota planlama ve filo istihbaratı gibi konularda da yapay zekâdan faydalanılmaktadır (Mouzakitis vd., 2022).

Havayolu yolcu taşımacılığında yapay zekâ, özellikle Chatbot sistemleri aracılığıyla uçuş rezervasyonu, programları ve güncellemeler hakkında doğru bilgiler sağlayarak, yolcu taşımacılığında iletişimi ve kullanıcı memnuniyetini artırarak havayolu müşteri deneyimini geliştirmektedir. Ayrıca, havayolu planlaması ve operasyonlarında önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zekâ ile havacılık endüstrisinde gelir artışı ve müşteri memnuniyeti potansiyeli sunulmaktadır (Sarol vd., 2022). Ticari uçaklarda yapay zekâ uygulaması, 2030 yılına kadar tek pilotlu operasyonlara doğru ilerleyerek karar verme ve güvenliği artırma konusunda havayollarına yardımcı olacaktır (Ziakkas, 2023).

3.2. Trafik Yönetiminde Yapay Zekâ Uygulamaları

Trafik yönetimindeki yapay zekâ uygulamaları, trafik akışını optimize etmeyi, tıkanıklığı tahmin etmeyi, acil durum araçlarına öncelik vermeyi, yol tehlikelerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Yapay zekâ, IoT, makine öğrenimi, bilgisayar görüşü ve akıllı gözetim teknolojilerine entegre olarak trafik yönetiminde etkin bir şekilde kullanılabilmektedir (Rudra, 2023). Ayrıca, yapay zekâ kullanan trafik ışık sistemleri ile akıllı kontrol, gerçek zamanlı yoğunluğu algılayarak ve sinyalleri ayarlayarak trafik akışını optimize etmekte, tıkanıklığı azaltmakta, seyahat sürelerini iyileştirmekte ve şehirlerdeki emisyonları azaltmaktadır (Ajith vd., 2023).

Karayolu trafik yönetiminde yapay zekâdan birçok alanda faydalanılmasına rağmen, en büyük kullanım alanı elektrikli ve otonom araçların kullanılması olarak görülmektedir (Mahardhika ve Putriani, 2022). Ayrıca karayolu trafik akışını verimli bir şekilde optimize etmek için gerçek zamanlı izleme ve karar vermeye yardımcı olabilmek amacı ile dronlarla trafiği izleyerek ve eş zamanlı görüntüleri yapay zekânın işlemesi ve ilgili cihazlara bilgi göndermesi gerçekleştirilebilmektedir (Farahdel vd., 2022).

Demiryolu trafik yönetimindeki yapay zekâ uygulamaları otonom sürüş, bakım ve trafik kontrolünü içerir (Bešinović vd., 2021). Demiryolu sektöründe verimli operasyonlar ve çevre koruma için nesnelerin interneti ve dijital ikiz teknolojilerinden yararlanmaktadır (Vatakov vd., 2022).

Denizyolu trafiği yönetiminde daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir uygulamalar için makine öğreniminden yararlanılmaktadır (Durlik vd., 2023). Yapay Zekâ, otonom gemilerin performansını artırmak amacıyla deniz trafiği hacmi, deniz trafiği tıkanıklığı

dalgalanma aralığı, dalgalanma oranı vb. geçmiş verileri kullanarak gelecekteki deniz trafiği koşullarını tahmin edebilmektedir (Lee vd., 2023). Ayrıca, deniz trafiği yönetimindeki yapay zekâ uygulamaları operasyon izleme, yakıt tüketimi optimizasyonu ve kanal geçiş çözümleri sunmak için kullanılmaktadır (Kontzinos vd., 2022).

Havayolu trafik yönetimindeki yapay zekâ uygulamaları, hava trafik kontrolörleri ve pilotlar için karar verme süreçlerini geliştirebilmektedir (Cocchioni vd., 2023). Uzman sistemler ve işbirlikçi karar verme modelleri gibi yapay zekâ modelleri, havacılık uzmanlarını özellikle acil durumlar gibi kritik durumlarda bilinçli kararlar vermede desteklemek için hava navigasyon sistemlerine giderek daha fazla entegre edilmektedir. Hava trafik yönetiminde yapay zekânın gelişen rolü, artan hava trafiği, çevresel kaygılar ve sistem dayanıklılığı gibi zorlukları çözümlemede önemli bir araç olmuştur (Kolotusha vd., 2022).

3.3. Yapay Zekâ Tabanlı Ulaşım Araçları

Yapay zekâ tabanlı ulaşım araçları, araçların insan benzeri ve hatta insanüstü davranışlar sergileyebilmesi için hem pratik hem de gelişmiş yapay zekâ tekniklerini uygulamasını amaçlamaktadır. Yapay zekâ teknikleri derin sinir ağları gibi algoritmaları beyin işleyişini taklit etme amacıyla kullanarak ve çeşitli görevleri gerçekleştirmek üzere büyük veri setlerini analiz ederek karar verme süreçlerinde etkin olabilmektedir. Akıllı araçlar, çevresel algılama, harita oluşturma ve yol planlama gibi yapay zekâ tekniklerini birleştirerek bunları çok ölçekli yardımcı sürüş hizmetleriyle entegre etmektedir (Li vd., 2018).

Uluslararası anlamda hızlı ekonomik büyümeyle birlikte, araç sahipliği hızla artmaktadır. Bu sebeple, her ülkede ciddi trafik sıkışıklığı, yol güvenliği ve çevre kirliliği sorunları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, ölümcül trafik kazalarının sayısı her yıl artmakta ve çoğunluğu insan hatalarından kaynaklanmaktadır. Bu problemlerin yapay zekâ ile çözülebileceğine inanılmaktadır (Li vd., 2018).

Otomobillerde araçların insan odaklı işleyişinden kendi kendine sürüş yeteneğine sahip araçlara doğru bir gelişme yaşanmıştır. Sürücüsüz otomobiller, yapay zekâ destekli işlemcilerle üretilen otonom sürüş özelliğine sahip otomobillerin güvenlik, mahremiyet, enerji, trafik akışı, çevre sorunları konularına odaklanmaktadır (Manoharan, 2019).

Yolcu ve yük taşımacılığındaki artan talebi ele almak için otomasyon sistemlerini kullanan sürücüsüz trenlerin demiryolu taşımacılığında geliştiği görülmektedir. Bu trenler, yüksek hızlı internet teknolojisi, nesnelerin interneti, özel kısa menzilli iletişim, dijital video algılama kameraları ve yapay zekâ tabanlı yöntemler gibi gelişmiş iletişim ve

internet teknolojileri kullanarak merkezi olarak kontrol edilen tam otomatik trenlerdir (Singh, 2021).

Yapay zekâ denizcilik uygulamalarında giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle oşinografik ve deniz biyolojik veri toplamada otonom yüzey araçlarında kullanılmaktadır. Son yıllarda kentsel ulaşımında kullanılan deniz araçlarında da yapay zekâdan yararlanan örnekler görülmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından denizcilik otonom su üstü gemisi resmi olarak tanınmıştır. Bu gemilerde yapay zekâ desteği ile kıyıda bir üst tarafından kontrol sağlanabilmekte, karar verme desteği ile otonom sürüş sağlanabilmektedir (Veitch ve Alsos, 2021). Ayrıca son yıllarda insansız su altı araçlarında kullanım alanı gittikçe yaygınlaşmaktadır. İnsansız su altı araçlarında da derin öğrenme teknikleri ve görüntü işlem teknikleri gibi yapay zekâ tekniklerinden faydalanılmaktadır (Ataner vd., 2020).

Günümüzde teknolojileri halâ şaşırtan uçakların kısa bir zaman sonra kokpitlerinin tamamen boş olan bir sisteme geçiş yapılacağı tahmin edilmektedir. Mevcut yapay zekâ teknolojisinin, hava durumu, havalimanı algılama, karar verme vb. konularda hazır olduğu düşünülmektedir (Ziakkas vd., 2023). Yapay zekâ uçaklarda pilot eğitimi için de kullanılır. Sistem eğitmenlerden manevraları öğrenerek, öğrenci hatalarını tespit etme ve düzeltici geri bildirim sağlama görevlerini üstlenip uçuş eğitiminin verimliliğini arttırabilmektedir (Guevarra vd., 2023) Yapay zekânın havacılık sektöründe en çok karşılık bulduğu alan ise insansız hava araçlarıdır. Yapay zekâ, bağımsız uçuş, bakım, görüntü analizi, karar verme, gözetim, tarım ve madencilik gibi çeşitli sektörlerde yeteneklerini genişleterek dronları geliştirmektedir (Prakash vd., 2023). Sürü oluşumuna, görev tahsisine, navigasyona, iletişime ve karar vermeye yardımcı olmak amacı ile sürü drone teknolojilerinin geliştirilmesinde yapay zekâdan yararlanılmaktadır (Johnson, 2020).

3.4. Gelecek Perspektifi ve Tavsiyeler

Yapay zekânın gelişmesi kentsel ulaşım sistemlerinde önemli etkiler yaratmıştır. Ulaştırma modlarının tamamında yapay zekâ ulaştırma sistemlerine entegre olmaya başlamıştır. Yapay zekâ ile güvenlik, sürdürülebilirlik, etkinlik ve verimlilik sağlanmaktadır. Ayrıca, farklı ulaştırma modlarında yapay zekânın kullanılarak otonom sürüş sağlayan ulaşım araçları geliştirilmiştir. Bu durum kentsel ulaştırma sistemlerinin geleceğinde insansız araçlara göre bir planlama gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemlerinin gelecek perspektifi, bilgisayar teknolojilerini araçlara ve altyapıya entegre etmeyi, verimli mobilite için birbirine bağlı sistemler oluşturmayı, uzun vadeli zorlukları bu şekilde çözebilmeyi hedeflemektedir (Mathew, 2019). Akıllı ulaşım sistemlerinde gelecekteki eğilimler arasında trafik yönetimi, toplu taşıma geliştirme,

güvenlik önlemleri ve lojistik optimizasyonu gibi yapay zekâ uygulamaları yer almaktadır (Saeed vd., 2023). AUS'un gelecekte, güvenliği, erişilebilirliği, çevresel etkinin azaltılmasını, sürdürülebilir büyümeyi teşvik etmeyi ve ileri teknolojilerle üretkenliği artırmayı hedeflediği söylenebilir.

Ulaşımın geleceğinde yapay zekânın, değer yeni teknolojilerin ve keşiflerinde kombinasyonu ile her alana çözüm sunar bir hale geleceği tahmin edilmektedir. Özellikler akıllı şehirler içerisinde akıllı ulaşım sistemlerinin, bu şehirlerin yüz tanıma, suç önleme, acil durum hizmetleri gibi diğer bilgi alanlarıyla tamamen entegre olabileceği düşünülmektedir (Türkkan, 2019).

Gelecekteki akıllı ulaşım sistemleri, gerçek zamanlı izleme, toplu taşıma verimliliği, gecikmeleri azaltma ve genel performansı daha düşük maliyetle iyileştirme için GPS ve nesnelerin interneti teknolojilerini entegre etmelidir (Saxena vd., 2023).

Karayolu taşımacılığının geleceği için, artan çevresel baskıları, akıllı güvenlik sistemleri ve bağlantı için nesnelerin interneti gibi yeni teknolojilerin potansiyelini dikkate alması gerektiği tavsiye edilmektedir. Belirsiz bir ulaşım geleceği için planlama, esnekliği kullanmak ve politikaları etkili bir şekilde şekillendirmek karayolu taşımacılığını daha temiz, daha güvenli ve daha kapsayıcı bir geleceğe doğru ilerletebilir (Lyons ve Davidson, 2016).

Demiryolu taşımacılığının geleceği için, otomatik tren operasyonu uygulamak, kapasite, enerji verimliliği, dakiklik, güvenlik ve sürdürülebilirliği artırarak demiryolu taşımacılığını geliştirerek hem şirketlere hem de topluma fayda sağlayabilir (Poulus vd., 2018).

Deniz taşımacılığının geleceği için, verimli rota optimizasyonu, sensör entegrasyonu ve yapay zekâ kontrollü operasyonlar için jeo-uzamsal teknolojileri kullanarak otonom gemi limanları ve otonom gemiler kullanılması öngörülmektedir (Scarlat vd., 2023).

Hava taşımacılığının geleceği için, sürdürülebilirlik en önemli problem olarak görülmektedir. Bu sebeple, yapay zekâ ve akıllı ulaşım sistemlerinin hava taşımacılığına uyarlanması ile havayolu yolculuğunda karbon ayak izi azaltılarak, yakıt ve maliyet optimizasyonu sağlanabilir. (Plötner, 2018).

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ulaştırma sistemleri geçmişten günümüze tüm şehirlerin en önemli unsurlarından biri olmuştur. Yerel ve bölgesel ulaşım altyapısı geliştirilirken, uluslararası ulaşım altyapılarına yatırım yapılmıştır. Nihayetinde küreselleşme gerçekleşmiş, ulaşım temel

ve zorunlu ihtiyaç haline gelmiştir. Hükümetler çeşitli faaliyetlerle tüm ulaştırma modlarına yatırım yapmayı, son teknolojileri kullanmayı ve akıllı ulaşım sistemlerini geliştirmeyi desteklemiştir. Özellikle son on yılda gelişen ileri teknolojilerin ulaşımında devrim niteliğinde durumlar yarattığı görülmektedir. Kuşkusuz bu teknolojilerin başında da yapay zekâ gelmektedir.

Yapay zekâ ile trafik yönetimi, güvenlik, sürdürülebilirlik, verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlanabildiği birçok çalışmanın ortak sonucu olmuştur. Günümüz akıllı ulaşım sistemlerine yapay zekânın entegrasyonun sağlanması ile en büyük problemlerden biri olan trafik sıkışıklıklarına çözüm bulunabilmekte, kaza riski azalabilmekte, çevreye verilen zararlar minimize edilebilmektedir. Tüm ulaştırma modlarında yapay zekânın karar verme algoritmalarından faydalanan otonom sürüş özelliği olan insanlı ve insansız araçların kullanılmaya başlandığı ve sonuçların tatmin edici olduğu çalışmalarda yer verilen önemli bir konu olmuştur.

Yapay zekânın ulaştırma modlarına entegre olması ile ilgili çıkarılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Yapay zekâ, karayolu yolcu taşımacılığında istenmeyen davranışları azaltarak memnuniyeti artırır. Elektrikli ve otonom araçların kullanımı, yapay zekânın en büyük fayda sağladığı alanlardan biridir.
- Demiryolu yolcu taşımacılığında yapay zekâ, yolcu akışını analiz ederek operasyonları geliştirir. Tahmine dayalı bakım ve akıllı gözetim sistemleri, güvenliği ve verimliliği artırır. Sektör, sürücüsüz trenler ve dijital teknolojilerle otomasyona doğru ilerlemektedir.
- Denizyolu yolcu taşımacılığında yapay zekâ, güvenliği artırmak için analizler yapar ve alternatif çözümler önerir. Ayrıca, gemi hareket modellemesi, enerji optimizasyonu ve rota planlama gibi alanlarda da kullanılır. Yapay zekâ, otonom gemilerin performansını artırmak ve deniz trafiği koşullarını tahmin etmek için geçmiş verileri kullanır.
- Havayolu yolcu taşımacılığında yapay zekâ, Chatbot sistemleri aracılığıyla iletişimi artırır ve müşteri deneyimini geliştirir. Ticari uçaklarda yapay zekâ, tek pilotlu operasyonlara doğru ilerler ve güvenliği arttırır. Havayolu trafik yönetimindeki yapay zekâ, karar verme süreçlerini geliştirir ve acil durumlarda uzmanlara destek sağlar. Yapay zekâ, insansız hava araçlarının geliştirilmesinde sürü oluşumundan karar vermeye kadar birçok alanda kullanılır.

Yapay zekânın ilerlemesi, kentsel ulaşım sistemlerini etkileyerek güvenlik, sürdürülebilirlik ve verimlilik sağlar. Otonom sürüşe sahip araçlar geliştirilirken, akıllı ulaşım sistemleri uzun vadeli zorlukları çözmeyi ve çeşitli alanlarda çözümler sunmayı

hedefler. Akıllı şehirlerin bir parçası olarak, akıllı ulaşım sistemleri suç önleme, acil durum hizmetleri gibi diğer bilgi alanlarıyla tamamen entegre olabilir ve GPS ile nesnelerin interneti teknolojilerini kullanarak gerçek zamanlı izleme ve maliyet optimizasyonu gibi özellikler sunabilir. Gelecekteki ulaşımın temiz, güvenli ve kapsayıcı bir şekilde ilerlemesi için yeni teknolojilerin potansiyeli göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmada, sadece akademik literatür incelenerek, yapay zekânın ulaşım sistemlerine entegrasyonu hakkında çıkarımlar yapılmıştır. İleriki çalışmalar ülke ve ülke grupları üzerinde yapay zekânın kullanıldığı akıllı ulaşım sistemlerini gözlemleyerek çıkarımlar yapabilir. Ayrıca, yapay zekâyı akıllı ulaşım sistemleri içerisinde yeni kullanım alanları tasarlayan çalışmalar yapılabilir.

Kaynaklar

Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S., & Bagloee, S. A. (2019). Applications of artificial intelligence in transport: An overview. *Sustainability*, 11(1), 189.

Ajith, K. B. P., Harsha, P., Ompreeth, D. R., Prathvik, R. (2023). Implementing Smart Control of Traffic Light System using Artificial Intelligence. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*.(pp. 147-150)

Arkhieriev, N.V. (2023). Ulaştırma Alanında Yapay Zekâ Kullanımının Yasal Sorunları. Ulaştırma Faaliyetlerinin Özel Ve Kamu Hukuku Sorunları İçerisinde Düzenlenmesi (s. 35-39).

Ataner, E., Özdeş, B., Öztürk, G., Çelik, TYC, vd. (2020). İnsansız Sualtı Araçlarında Derin Öğrenme Yöntemleri. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi* 345-350.

Bešinović, N., De Donato, L., Flammini, F., Goverde, R. M., Lin, Z., Liu, R., ... & Vittorini, V. (2021). Artificial intelligence in railway transport: Taxonomy, regulations, and applications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(9), 14011-14024.

Bharadiya, J. (2023). Artificial intelligence in transportation systems a critical review. *American Journal of Computing and Engineering*, 6(1), 34-45.

Biolcheva, P., & Valchev, E. (2023). Safety through artificial intelligence in the maritime industry. *Strategies for Policy in Science & Education/Strategii na Obrazovatelna i Nauchna Politika*, 31(3).

Chu, D., & Cao, Y. (2022). Typical intelligent transportation applications. In *Intelligent Road Transport Systems: An Introduction to Key Technologies* (pp. 545-608). Singapore: Springer Nature Singapore.

Cocchioni, M., Bonelli, S., Westin, C., Borst, C., Bang, M., & Hilburn, B. (2023). Learning for Air Traffic Management: guidelines for future AI systems. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2526, No. 1, p. 012105). IOP Publishing.

Çapalı, B. (2022). Intelligent transportation systems architecture: Recommendation for K-AUS. *El-Cezeri*, 9(4), 1249-1254.

Debnath, A. K., Chin, H. C., Haque, M. M., & Yuen, B. (2014). A methodological framework for benchmarking smart transport cities. *Cities*, 37, 47-56.

Dempsey, P. (2022). AI helps fleet operators plan electric switch [Automotive Transport]. *Engineering & Technology*, 17(9), 40-41.

Durlik, I., Miller, T., Dorobczyński, L., Kozłowska, P., & Kostecki, T. (2023). Revolutionizing Marine Traffic Management: A Comprehensive Review of Machine Learning Applications in Complex Maritime Systems. *Applied Sciences*, 13(14), 8099.

Farahdel, A., Vedaiei, S. S., & Wahid, K. (2022). An iot based traffic management system using drone and ai. In *2022 14th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)* (pp. 297-301). IEEE.

Ficzere, P. (2023). The role of artificial intelligence in the development of railway transportation. *Design of Machines and Structures*, 13(1), 67-73.

Guevarra, M., Das, S., Wayllace, C., Epp, C. D., Taylor, M., & Tay, A. (2023). Augmenting flight training with AI to efficiently train pilots. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 37, No. 13, pp. 16437-16439).

Guo, Y., Wu, S., Wang, Y., Wen, C., Luo, L., & Fu, Q. (2023, May). Application and Implementation of Artificial Intelligence Technology for Intelligent Vehicle. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2508, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.

Johnson, J. (2020). Artificial intelligence, drone swarming and escalation risks in future warfare. *The RUSI Journal*, 165(2), 26-36.

Kalinowski, M., & Weichbroth, P. (2023). The sensors-based artificial intelligence Train Control and Monitoring System (TCMS) for managing the railway transport fleet. *Rail Vehicles/Pojazdy Szynowe*.

Khan, S., Adnan, A., & Iqbal, N. (2022). Applications of artificial intelligence in transportation. In *2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)* (pp. 1-6).

Kolotusha, V. (2022). Application of artificial intelligence technology in the process of individualized training of air traffic controllers. In 2022 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT) (pp. 1-4).

Kontzinos, C., Kanellou, I., Michalakopoulos, V., Mouzakitis, S., Tsapelas, G., Kapsalis, P., ... & Askounis, D. (2022). State-Of-The-Art Analysis Of Artificial Intelligence Approaches In The Maritime Industry. In Proceedings of the International Conferences on Applied Computing.

Kour, S. P., Sharma, P., & Jalal, M. (2022). Artificial Intelligence in Transport-A Survey. In 2022 IEEE 3rd Global Conference for Advancement in Technology (GCAT) (pp. 1-6).

Kumar, H., Singh, M. K., & Gupta, M. P. (2018). Smart mobility: Crowdsourcing solutions for smart transport system in smart cities context. In Proceedings of the 11th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (pp. 482-488).

Lee, E., Khan, J., Son, W. J., & Kim, K. (2023). An efficient feature augmentation and LSTM-based method to predict maritime traffic conditions. *Applied Sciences*, 13(4), 2556.

Li, J., Cheng, H., Guo, H., & Qiu, S. (2018). Survey on artificial intelligence for vehicles. *Automotive Innovation*, 1, 2-14.

Lyons, G., & Davidson, C. (2016). Guidance for transport planning and policymaking in the face of an uncertain future. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 88, 104-116.

Machin, M., Sanguesa, J. A., Garrido, P., & Martinez, F. J. (2018, April). On the use of artificial intelligence techniques in intelligent transportation systems. In 2018 IEEE wireless communications and networking conference workshops (WCNCW) (pp. 332-337).

Mahardhika, S. P., & Putriani, O. (2023, January). A Review of Artificial Intelligence-Enabled Electric Vehicles in Traffic Congestion Management. In ICSEDTI 2022: Proceedings of the 1st International Conference on Sustainable Engineering Development and Technological Innovation, ICSEDTI 2022, 11-13 October 2022, Tanjungpinang, Indonesia (p. 255). European Alliance for Innovation.

Manoharan, S. (2019). An improved safety algorithm for artificial intelligence enabled processors in self driving cars. *Journal of artificial intelligence*, 1(02), 95-104.

Mathew, E. (2019). Intelligent transport systems and its challenges. In International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics (pp. 663-672). Cham: Springer International Publishing.

Mobin, G., & Roy, A. (2021). A literature review on cloud based smart transport system. In 2021 5th International conference on trends in electronics and informatics (ICOEI) (pp. 1245-1250).

Mouzakitis, S., Kontzinos, C., Kapsalis, P., Kanellou, I., Kormpakis, G., Tsapelas, G., & Askounis, D. (2022, July). Optimising maritime processes via artificial intelligence: The vesselai concept and use cases. In 2022 13th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (pp. 1-5).

Plötner, K. (2018). Key drivers and technical developments in aviation. Biokerosene: Status and Prospects, 33-41.

Poulus, R. W., Van Kempen, E. A., & Van Meijeren, J. C. (2018). Automatic train operation. Driving the future of rail transport.

Prakash, K., Ravva, S. K., Rathnamma, M. V., & Suryanarayana, G. (2023). AI Applications of Drones. Drone Technology: Future Trends and Practical Applications, 153-182.

Ran, B., Cheng, Y., Leight, S., & Parker, S. (2019). Development of an integrated transportation system of connected automated vehicles and highways. ITE Journal, 89(11).

Rudra, T. (2023). How Can AI Help in Reducing Traffic in India?. Indian Scientific Journal Of Research In Engineering And Management. Vol:7 Issue: 1.

Saeed, A., Aftab, A. B., Junejo, F., & Amin, I. (2023). Current and Future Trends in an Intelligent Transportation System with Applications of AI. Artificial Intelligence in Cyber-Physical Systems, 75-93.

Sarol, S. D., Mohammad, M. F., & Rahman, N. A. A. (2022). Mobile Technology Application in Aviation: Chatbot for Airline Customer Experience. In Technology Application in Aviation, Tourism and Hospitality: Recent Developments and Emerging Issues (pp. 59-72). Singapore: Springer Nature Singapore.

Satpute, M. B. V., Done, M. D. B., Salave, M. R. A., Zameer, M. A., Shaikh, P., & Gunjal, A. K. (2022). Intelligent Transportation System. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). Volume 10 Issue V May 2022.

Saxena, A. K., Tripathi, R. C., & Khan, G. (2023, February). Design of a smart public transport system based on IoT. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2427, No. 1). AIP Publishing.

Scarlat, C., Ioanid, A., & Andrei, N. (2023). Use of the geospatial technologies and its implications in the maritime transport and logistics. *The International Maritime Transport and Logistic Journal*, 12, 19-30.

Schneider, M., Kutila, M., & Höß, A. (2022). Applications of AI in Transportation Industry. In *Artificial Intelligence for Digitising Industry—Applications* (pp. 355-362). River Publishers.

Singh, P., Dulebenets, M. A., Pasha, J., Gonzalez, E. D. S., Lau, Y. Y., & Kampmann, R. (2021). Deployment of autonomous trains in rail transportation: Current trends and existing challenges. *IEEE Access*, 9, 91427-91461.

Soy, H. (2023). Edge AI-Based Crowd Counting Application for Public Transport Stops. In *Convergence of Deep Learning and Internet of Things: Computing and Technology* (pp. 182-205). IGI Global.

Stappen, L., Dillmann, J., Striegel, S., Vögel, H. J., Flores-Herr, N., & Schuller, B. W. (2023). Integrating Generative Artificial Intelligence in Intelligent Vehicle Systems. In *2023 IEEE 26th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 5790-5797).

Sukhadia, A., Upadhyay, K., Gundeti, M., Shah, S., & Shah, M. (2020). Optimization of smart traffic governance system using artificial intelligence. *Augmented Human Research*, 5(1), 13.

Taner, T., Ünal, H. T., Mendi, A. F., Özkan, Ö., & Nacar, M. A. (2023). Artificial Intelligence Based Transportation System. In *2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* (pp. 1-8).

Telang, S., Chel, A., Nemade, A., & Kaushik, G. (2021). Intelligent transport system for a smart city. *Security and privacy applications for smart city development*, 171-187.

Türkkan, A. Z. (2019). Yapay zekâ ve kentsel sistemler: Akıllı ulaştırma sistemlerinin kentsel güç içindeki rolü. *Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmış Yükseklikans Tezi*.

Vatakov, V., Pencheva, E., & Dimitrova, E. (2022). Recent advances in artificial intelligence for improving railway operations. In *2022 30th National Conference with International Participation (TELECOM)* (pp. 1-4).

Veitch, E., & Alsos, O. A. (2021). Human-centered explainable artificial intelligence for marine autonomous surface vehicles. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(11), 1227.

Zhang, M., Yu, T., & Zhai, G. F. (2011). Smart transport system based on “The Internet of Things”. *Applied mechanics and materials*, 48, 1073-1076.

Zhu, Y., Ni, K., Li, X., Zaman, A., Liu, X., & Bai, Y. (2024). Artificial intelligence aided crowd analytics in rail transit station. *Transportation research record*.

Ziakkas, D., Pechlivanis, K., & Flores, A. (2023). Artificial intelligence (AI) implementation in the design of single pilot operations commercial airplanes. In *14th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 20-24).