
TOPLU TAŞIMA İŞLETMELERİNDE AKILLI ULAŞIM SİSTEM VERİLERİNİN BÜYÜK VERİ TEKNOLOJİLERİ İLE DESTEKLENMİŞ İŞ ZEKÂSI MİMARİSİNDE UYGULANMASI: BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ

M. Kutlu ŞENGÜL

Doktora Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü,
ORCID: 0000-0002-1552-9279

Çiğdem TARHAN

Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü- Bölgesel Kalkınma ve İşletme Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi (DEÜ BİMER)
ORCID: 0000-0002-5891-0635

Vahap TECİM

Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü- Kalite Mükemmellik Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEÜ KALMER)
ORCID: 0000-0001-5319-5241

Öz

Nüfus artışlarına ve özel araç sayılarının artmasına rağmen mevcut kaynakların kısıtlı kalması sorunuyla yüz yüze kalan şehir yönetimleri ulaşım, sağlık, afet, eğitim, su, çevre temizliği, altyapı, güvenlik, konut hizmetleri gibi birçok alanda yönetsel olarak mücadele etmektedirler. İlgili alanlarda ihtiyaç doğrultusunda beklentilerin etkin bir şekilde karşılanması akıllı şehir kavramı ile elzem çözümsel yaklaşımlar sunmakta ve olanaklar sağlamaktadır. Akıllı şehir modeli ekonomik, ergonomik, yaşam kalitesini arttıran, çevreye duyarlı, gerçek zamanlı, akıllı, sürdürülebilir, değer katan, açık fikirli, katılımcı şehir yönetimlerinin oluşturulmasında bir vizyon olarak görülmektedir. Akıllı şehir yaklaşımı ile şehir yönetiminde verinin çeşitli sistemlerle, sensörlerle, akıllı kartlarla, mobil cihazlarla vb. nesnelerin interneti (IoT) elde edilmesi, kontrol takip merkezleri oluşturulması, verinin saklanması ve bilgiye ve karar mekanizmalarına dönüştürülmesi aşamalarında rol alacak bütünsel yaklaşımlar kabul edilmektedir. Gerek ulusal çapta gerekse küresel çapta akıllı şehir bilinci ve uygulamaları gün geçtikçe artmakta, gerekli stratejiler belirlenmekte ve yönetsel olarak kaçınılmaz bir uygulama süreci haline gelmektedir. Akıllı şehirlerin yönetiminde tüm paydaşlar ile kolektif bir şekilde yönetişimin sağlanması ve etkin kararların alınması amacıyla strateji yönetimi, politika yönetimi, bütüncül hizmet yönetimi, iş yönetimi ayrılmaz bir bütün halinde değerlendirilmektedir. Akıllı şehir ekosisteminde tüm paydaşların

koordine olması gereken akıllı ulaşım sistemleri de hayati önem arz etmektedir. Akıllı ulaşım sistemleri, bilgi ve iletişim destekli, çoğulcu, doğacı, güvenli, bütünlük ulaşım olanakları sunmaktadır. Akıllı ulaşım sistemlerinin, akıllı şehir üzerindeki tam olarak etkilerinin açıklayıcı bir şekilde ortaya konulması ve ve belirlenmesi sürdürülebilir, verimli, akıllı şehir yönetimleri için önemlidir. Kalabalıklaşan, çevre kirliliği artan, ulaşım problemlerinin arttığı, yakıt ve motorlu araç masraflarının çoğaldığı, motorlu taşıtların insan sağlığına zarar vermeyi arttırdığı, zaman verimliliğinin düştüğü şehirlerde akıllı ulaşımın, akıllı şehirlerin yönetilmesinde yüksek katsayılı katma değer üreten bir değişken olduğu aşikardır. Her ne kadar ilk bakışta akıllı ulaşım da toplu ulaşımın yaygın kullanımı, yaya, bisiklet odaklı yeşil, sürdürülebilir çözümler ilk sırayı alsada akıllı ulaşım ve akıllı toplu taşıma sistemlerinin doğru bir şekilde işletmelere uygulanabilmesi için yönetim bilişim sistemleri çerçevesinde entegre altyapı sistemlerin kurulması, güncel en uygun sistemlerin kullanılması (IoT, büyük veri teknolojileri, iş zekâsı uygulamaları ve veri tabanı vb.), sürdürülmesi, karar destek sistemleriyle uygulanması, bilişim alt yapısının doğru kurgulanması gerekmektedir. Diğer yandan; yaya, bisiklet gibi alternatif doğacı yöntemlerin verimli ve bütünlük, güvenli bir şekilde sürdürülebilir bir hizmet sunması için optimizasyon çalışmalarına, iş zekâsı sistemlerine daha geniş çerçevede düşünüldüğünde bütünlük karar destek sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Akıllı şehirlerin yönetimi, akıllı insanlar ve akıllı sistemler ile gerçekleşeceği, bunun akıllı ulaşım sistemleriyle ve akıllı toplu ulaşım sistemlerinin veri odaklı işletmeler ile aktif, bütünlük açık fikirli çalışan paydaşlarla destekleneceği genel anlamda kabul edilmektedir. Bu çalışmada toplu taşıma işletmelerinde akıllı ulaşım sistem verilerinin büyük veri teknolojileri ile desteklenmiş iş zekâsının mimarisinde uygulanması konusu literatür taraması yapılarak incelenmiştir.

Anahtar Kelime: Akıllı Ulaşım Sistemleri, Büyük Veri Analitiği, İş Zekâsı, Yönetim Bilişim Sistemleri.

APPLICATION OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM DATA IN BUSINESS INTELLIGENCE ARCHITECTURE SUPPORTED BY BIG DATA TECHNOLOGIES IN PUBLIC TRANSPORTATION ENTERPRISES: A LITERATURE REVIEW

Abstract

Despite the increase in population and the increase in the number of private vehicles, cities that face the problem of limited resources are struggling administratively in many areas such as transportation, health, disaster, education, water, environmental cleaning, infrastructure, security, housing services. Effectively meeting the expectations in line with the needs in the relevant fields, with the concept of smart city, offers essential analytical approaches and provides opportunities. The smart city model is a vision for the creation of economical, ergonomic, quality of life, environmentally sensitive, real-time, smart, sustainable, value-adding, open-minded, participatory city administrations. With the smart city

approach, holistic approaches are accepted to take part in the phases of city management, obtaining the Internet of Things (IoT), creating control monitoring centers, storing data, and transforming data into information and decision-making mechanisms, with various systems, sensors, smart cards, mobile devices, etc. Smart city awareness and applications both nationally and globally are increasing day by day, necessary strategies are determined, and it becomes an inevitable implementation process in terms of management. Strategy management, policy management, holistic service management, business management are evaluated as an integral whole in order to ensure collective governance and effective decisions with all stakeholders in the management of smart cities. Intelligent transportation systems, in which all stakeholders must be coordinated, are also vital in the smart city ecosystem. Intelligent transportation systems offer information and communication supported, pluralistic, naturalistic, safe, and integrated transportation opportunities. It is important for sustainable, efficient, smart city managements to reveal and determine the full effects of smart transportation systems on the smart city. It is obvious that smart transportation is a variable that produces high coefficient added value in the management of smart cities in crowded cities, environmental pollution increases, transportation problems increase, fuel and motor vehicle costs increase, motor vehicles increase harm to human health, time efficiency decreases. Although the widespread use of public transportation in smart transportation, pedestrian, bicycle-oriented green, sustainable solutions take the first place, the establishment of integrated infrastructure systems within the framework of management information systems, the use of the most appropriate systems, maintenance, implementation of the information infrastructure with decision support systems, in order to apply smart transportation and smart public transportation systems to enterprises correctly. On the other hand, it is not the same in order for alternative improvised methods such as pedestrians and bicycles to provide an efficient and integrated, safely sustainable service, optimization studies, business intelligence systems are needed, and integrated decision support systems are needed when considered in a broader context. It is accepted that the management of smart cities will take place with smart people and smart systems, and that smart transportation systems and smart public transportation systems will be supported by data-oriented enterprises and active, integrated open-minded stakeholders. In this paper, the application of smart transportation system data in the architecture of business intelligence supported by big data technology in public transport enterprises was examined by conducting a literature review.

Keywords: Intelligent Transportation Systems, Big Data Analytics, Business Intelligence, Management Information Systems.

Bu çalışma, 12-14 Mayıs 2022 tarihleri arasında Kahramanmaraş'ta düzenlenmiş olan, 21. Uluslararası İşletmecilik Kongresi'nde "Toplu Taşıma İşletmelerinde Akıllı Ulaşım Sistem Verilerinin Büyük Veri Teknolojileri İle Desteklenmiş İş Zekası Mimarisinde Uygulanması: Bir Literatür İncelemesi" başlığı ile sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Gelişmekte ve büyümekte olan şehirlerin, artan nüfusa karşın kaynaklarının kısıtlı kalma durumu, çözüm olarak arayışların sürdürülebilir olma ihtiyacı yönetimleri akıllı şehir ve akıllı ulaşım argümanlarına yöneltmiştir. Seyahat sürelerinin trafik yoğunluğu sebebiyle uzun vakitler alması, şehir hareketliliğinde mevcut alt yapının artmakta olan yoğunluğa yetişememesi, karbon salımının hava kirliliğinin artan araç sayısına ve trafik yoğunluğuna ilişkili olarak ciddi seviyelerde artması global çapta bir sorun olma niteliği taşımaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) şehir nüfus tahmin raporlarında 2050 yılında dünya nüfusunun 9,7 milyara ulaşacağı ve şehir yaşam lokasyon dağılımının %70 civarlarında seyredeceği belirtilmiştir (UN-Habitat, 2013).

Dijitalleşmenin, teknolojik yeniliklerin, sensör cihazlarının, nesnelerin internetinin (IoT – Internet of Things), akıllı kart ödeme sistemlerinin ve verilerinin, GPS verilerinin, multimedya verilerinin, sosyal medya verilerinin, mobil ve web verilerinin oluşturmuş olduğu verilerin tespit edilerek muhafaza edilebilmesi, tutulabilmesi, saklanabilmesi, mobil bireysel cihazların tüm şehir yaşamında bireylerce kullanılıyor olması, internetin tüm şehre ve sistemlere yayılmış olması, şehirlerde akıllı insan profilinin egemen olması akıllı ulaşım sistemlerini şehir yönetimleri ve toplu taşıma işletmeleri için cazip hale getirmiştir. Kamu hizmeti veren şehir işletmelerinin saygınlığı ve vatandaş hizmet odaklı anlayışı geliştirmekte olan ülkelerde ve gelişmiş ülkelerde metropol şehir toplu ulaşım işletmeleri özelinde önemli bir misyon olarak görülmektedir. Bu misyonla, sınırlı mevcut kaynaklarla sürekli talep artış arzını en iyi seviyede karşılamayı amaçlayan işletmeler, genel iş süreçlerini geçmiş verilerle stratejik değerlendirme yapacak seviyede hakimiyete, anlık gerçek zamanlı verilerle süreci yönetmeyi ve en uygun kararlar vermeyi amaçlamaktadırlar. Toplu taşıma işletmeleri, gelecek hakkında tahmin ve modelleme çalışmalarlarıyla öngörülerde bulunmak, mevcut durumlarını tahlil edebilecek yapıya sahip olmak istemektedirler.

İşletmelerde verinin işlenerek, analiz edilerek raporlanması, gizli örüntülerinin çıkarılarak veri madenciliği süreçlerine sokulması, depolanması, analitik raporlamalara hazır hale getirilmesi ve bilgiye dönüştürülmesi yönetim bilişim sistemlerini aktif olarak bilgi işlem mimarisinde olmazsa olmaz haline getirmiştir. Yönetim bilişim sistemlerinin günümüz işletme bilgi ve iletişim mimarisinde aracı rolü bilgiye ulaşılarak raporların hazırlanması ve karar destek otoritelerine sistem sağlanması şeklindedir (Alan, 2019). Rekabetçi ve daha iyileme çabasını güden hizmet odaklı misyona sahip işletmeler, sezgisel yönetimden ziyade veri odaklı yönetime odaklanmışlardır. Veri odaklı en doğru bilgiye ulaşmaya çalışan işletmeler artan kurumsal ve işletme dışı büyük verilerin iş zekâsı uygulamaları ve büyük veri analitiği teknikleriyle bilgi sahibi olmakta, mevcut durumunu, geçmişini gözlemlemekte, gelecek hakkında alacakları kararları yine veri odaklı vermektedirler. Büyük veri analitiği, IoT kaynaklı üretilen verileri kullanabilmek için gerekliliktir (Onay, 2020).

Bir şehrin akıllı olması tıpkı bir işletmenin akıllı olması ekseriyetinde değerlendirilebilir. Şehirlerin ve işletmelerin en küçük yapı taşı olan akıllı insanın tanımından yola çıkarak, işletme içinde stratejik karar vericileri en doğru bilgilerle ve tahminlerle, iş zekâsı ile destekleyerek, akıllı toplu taşıma sistemleri en üst kademedeyen yalın şekilde tasarlanmış olacaktır. Akıllı şehrin önemli bir alt parçası olan akıllı ulaşım sistemlerinin ve iş zekâsı uygulamalarının disiplinler arası bir yapıda olması ilgili çalışmayı yönetim bilişim sistemleri uzmanlık alanında değerlendirmemize olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı; toplu taşıma işletmelerinde akıllı ulaşım verilerinin büyük veri teknolojileri ile desteklenmiş iş zekâsı mimarisinde uygulanması üzerinedir. Toplu taşıma işletmelerinde akıllı ulaşım sistemlerinde elde edilmekte olan verilerin veya elde edilmesi gereken verilerin büyük veri teknolojileri kullanılarak iş zekâsı mimarisi çerçevesinde yapılandırılması, yönetsel hiyerarşide bilgiye dönüştürülmesi, karar destek sistemlerinin oluşturulması ve stratejik gücü araştırılmıştır. Akıllı toplu taşıma verilerinin işletme içi yönetime karar verme, kontrol etme boyutunda desteği incelenmiştir.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Toplu taşıma işletmelerinde akıllı ulaşım verilerinin büyük veri teknolojileri ile desteklenmiş iş zekâsı uygulaması ile veri odaklı karar vermeyi sağlaması ve bunun işletmelere katacağı yönetsel pozitif değerleri üzerine ilgili alanda literatür taraması yapılmıştır. Araştırılmış olan çalışmalar, Web of Science, Google Scholar, Ulaştırma Araştırma Kurulu (<https://trid.trb.org>), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Springer Science + Business Media, ÖSYM YÖK Tez havuzunun da mevcut olduğu veri tabanlarıdır. 2022 yılı Ocak ayına kadar yayınlanan literatür incelenmiştir. Kullanılan arama terimleri İngilizce ve Türkçe dilinde yapılmıştır ve alttaki İngilizce ifadeleri içermektedir:

- smart cities AND “intelligent transportation systems”
- business intelligence AND (“transportation” OR intelligent transportation)
- business intelligence AND “public transportation”
- big data analytics AND (“public transportation” OR “intelligent transportation”)
- business intelligence AND “smart cities”
- big data analytics AND “smart cities”
- big data AND “business intelligence”
- big data intelligence AND (“intelligent transportation OR “public transportation”)
- big data techniques AND “intelligent transportation systems”
- intelligent transportation data AND (“public transportation enterprises OR “smart cities management”)
- intelligent transportation data AND (“business intelligence OR “big data analytics”)

- intelligent transportation systems AND (“business intelligence” OR “big data analytics”)

Bu çalışmada ilgili parametrelere dayanarak, iş zekâsı analitik süreçlerinde kullanılan yöntemler ve işleyişlerle ilgili toplu taşıma işletmelerinde kullanılan akıllı ulaşım sistem verileri büyük veri analitiği kapsamında incelenerek tamamlanmıştır. Akıllı ulaşım sistemlerinin ayrı bir başlık açılarak incelendiği, iş zekâsı ve büyük veri analitiğinin farklı bir başlıkla incelendiği çalışmada bu alanda mevcut literatür eksikliğine katkı sağlanma amacı güdülmüştür.

3. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Akıllı ulaşım sistemlerini ve akıllı toplu ulaşım sistemlerini anlayabilmek için öncelikli olarak akıllı şehir kavramının anlaşılması önemlidir. Tüm dünyayı radikal bir dijital dönüşüme mahkûm etmiş olan pandemi süreci de dikkate alındığında akıllı şehir yönetiminin önemi ve tüm paydaşlarıyla etkisi gözlemlenmiştir. Literatür incelemesinde gerek akademik camiada gerekse iş dünyasında akıllı şehir kavramının farklılaştığı tespit edilmiştir. Akıllı şehrin bir alt parçası olan akıllı ulaşım sistemlerinin genel anlamda güncel bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak veri odaklı karar alabilme, mevcut sorunları ortadan kaldıracı veya hali hazırdaki durumu en iyileme, hayatı kolaylaştırma paydasında birleştiği sonucuna varılmıştır. Karbon salımının en aza indirildiği, enerji verimliliğinin sağlandığı, hayat kalitesinin artırılmış olduğu, mevcut kaynakların optimum şekilde kullanıldığı yaşam alanlarına akıllı şehir denmiştir (Camero ve Alba, 2019; Kashef vd., 2021; Caragliu ve Del Bo, 2019; Chu vd., 2021). Farklı bir akıllı şehir tanımında ise; yönetim, eğitim, sağlık, güvenlik, gayri menkul, ulaşım ve kamu hizmetleri gibi bir şehrin önemli bileşenlerinin ve servislerinin bilinçli, bütünlük bir çerçeveye getirilmesi amacıyla bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin kullanılması şeklinde aktarılmıştır (Belissent, 2020). Genel bağlamın gerek akıllı şehirlerde gerekse akıllı ulaşım sistemlerinde var olan problemlerin akıllı uzman sistemlerle ve teknolojik yeniliklerle sürdürülebilir bir yaklaşımla çözülebilesidir. Bu bilgilerden yola çıkılarak, akıllı şehirlerin ve akıllı ulaşım sistemlerinin teknolojik altyapı üzerinde, akıllı insan faktörüyle, yaşam alanlarının dokusuna uygun, çevreci bir çerçevede olduğu söylenebilir.

Genel literatürde 1970’li yıllar akıllı ulaşım sistemleri için temel aralık olarak kabul edilmiş olup ilgili yıllar itibariyle bilhassa Güney Kore’de, Japonya’da, Amerika ve Avrupa’da, akıllı ulaşım sistemlerinin işletildiği çalışmalar ve denemeler yapılmıştır. Akıllı ulaşım özen göstermiş ülkelerde 1990 lı yıllar bir milat olmuş, global çapta proje ve uygulama çalışmaları başlatılmıştır (Tektaş ve Tektaş, 2019). Toplu ulaşım işletmelerinde yolcu bilgilendirme sistemleri ile etkin projeler kurgulanmış ve süreçlerin en uygun şekilde olması için sefer ve rota çalışmaları yapılmış, bu kazanımla otobüs işletmeleri var olan sorunlarla baş edebilmiş ve yöntemler geliştirmişlerdir.

Günümüzde bilhassa toplu taşıma işletmelerinde akıllı ödeme sistemleri ve bu sistemlerin oluşturmuş olduğu veriler, GPS verileri, multimedya verileri, otobüse ait ölçülebilir CAN-bus (Kontrolör Alan Ağı (CAN) teknolojisinin- Controller Area Network) verileri, mobil cihazlar verileri, akıllı durak verileri, nesnelerin interneti(IoT), RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) verileri, yolcu paydaş anket verileri, sosyal medya verileri, NFC (Near Field Communication - Yakın Alan İletişimi) ve kredi kartı ödeme verileri, QR kod verileri, Lidar ve Radar verileri aktif olarak kullanılmaya çalışılmakta veya kullanılma potansiyeline sahip olmaktadır. Ulaşım verilerin mevcudiyeti, daha karmaşık tahmine dayalı istatistiksel tekniklerle birleştğinde, özellikle iş analitiği analizi için bu verilerin uygulanmasına yönelik ilginin artmasına katkıda bulunmuştur.

İlgili akıllı ulaşım verilerinin teknolojinin yaygınlaşması ve gelişmesi neticesinde her geçen gün daha ekonomik bütçelerle projelendirilerek mimari yapısının oluşturulmasına, tespit edilmesine, saklanabilmesine ve analiz edilebilmesine, raporlanabilmesine imkân sağlamaktadır. Toplu taşıma işletmelerinin zorluklarından biri aksaklıkların ve belirsizliklerin süreklilik arz etmesidir. Yolcu, şoför, araç, işletme arasındaki bilgi ve iletişim ağının veri odaklı karar verici ve rapor alıcı bir mimaride yapılandırılması yönetim kademesini birçok anlamda rahatlatacak ve hukuki anlamda da destekleyecektir.

4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE BULGULAR

Büyük veri ile desteklenmekte olan iş zekâsı ve iş analitiği gerek iş dünyasında gerekse akademik alanda bir hayli önemli hale gelmiştir (Chen, 2012). Verilerin günden güne artması, işletmelerin rekabetçi ve bilinçli toplumlarda marka değeri ve müşteri memnuniyeti sağlama noktasında ölçümlerinin sosyal medya, web-mobil teknolojiler yardımıyla hızlı bir şekilde müşteriler tarafından yargılandığı bir piyasada büyük verinin işletme içinde kullanılabilmesi ve işletme sürdürülebilirliği açısından önemlidir. İşletmelerin var oluş amacı olan kâr hedefi, kurumsal kaynakların en iyileme şeklinde kullanılması, marka değeri ve müşteri memnuniyeti işletme içinde oluşturulacak zamanlı, yerinde kontrol ve denetim raporlarıyla güçlendirilerek, çok boyutlu iç ve dış verilerle entegre edilerek stratejik kararlar neticesinde gerçekleştirilmektedir. Stratejik kararların işletme dinamiklerine göre verilebilmesi, büyük verinin bilgiye ulaşması ve bir karar destek sistemi oluşturabilmesi iş zekâsı ve büyük veri analitiği uygulamalarıyla gerçekleşmektedir.

Ulaştırma işletmelerinde, ulaşım planlamasının, özellikle yolcu ve şoför davranışlarının modellenmesinin kurum içi ve şehir paydaş anketleriyle yapıldığı ve karar vericilere raporlandığı bir dönemin sonuna doğru gidilmektedir (Chen, Ma, Susilo, Liu ve Wang, 2016). Geleneksel anket yöntemleriyle entegre çalışan, akıllı telefonlara kurularak gerçek zamanlı seyahat planlama ve ulaşım bilgilendirme işlevi olan Transit App uygulaması, çıkış-varış matrislerini (OD) oluşturarak çok yönlü veri sağlamakta, içinde uygulama modülü olarak bulunan anket verilerini karar vericilere anlık raporlayabilmektedir. (Davidson, 2016).

Akıllı ulaşım sistem verilerinin aktif olarak mimari yapısında kurguladığı çözümler inovatif teknoloji birikimi ve yetişmiş insan kaynağı gerektirmektedir. Toplu taşıma işletmelerinde büyük veri kullanımı 2013 yılı itibariyle yaygınlaşmaya başlamıştır. İşletme bazlı akıllı ulaşım sistem eko- sistemini oluşturulan veriler, akıllı ulaşım teknolojilerinin gelişmesiyle genişlemesiyle trilyon baytı Petabayt'a ulaştırmıştır.

Toplu taşıma işletmelerinde büyük veri teknolojileri ile desteklenmiş iş zekâsı sistemlerinin akıllı ulaşım sistem verileri ile beslenerek işlenmesi halinde işletmelere ciddi anlamda gerek operasyonel gerekse stratejik değer katacağı öngörülmektedir. Verilerin bu süreçte işlenerek analiz edilmesi, veri madenciliği süreçlerine sokulması, raporlar halinde sunulması ileri düzeyde işletme analitiği fırsatı doğuracaktır. İşletmeye gerçek zamanlı yönetim becerisi katarak, kaynak planlamada verimliliği arttıracacağı, şoför davranış analizleri yapılarak insan kaynaklarının yönetimini güçlendireceği, yolcu araç iletişimini sağlayarak yolcu memnuniyetini arttıracacağı bu vesileyle şehir yönetim memnuniyetini de arttıracacağı, zamansal verim katacağı, akıllı şehrin trafik ve hava kirliliği sorunlarını azaltacağı sonucuna ulaşılabilir. Toplu taşıma işletme süreçlerinde; havanın ulaşımı engelleyecek şekilde kötü olma durumu, yolcu binişlerinin değişkenlik göstermesi, sürekli arızalanan araçların mevcut olması, trafik akışının sürekli değişmesi, operasyonel görevlerde bulunan personelin hastalanması veya görev başında olamaması, trafik kazaları gibi klasik işleyişte önceden tahmin edilemeyecek durumların yaşanabilmesi karşılaşılan işletme problemleridir.

Toplu taşıma işletmelerinin süregelen problemlerini çözecek veya minimum seviyeye indirecek, en iyileme yaparak yönetecek bir sistemin kurulması verilerin ışığında gerçekleştirilebilecektir. Toplu taşıma işletmelerinde mevcut problemlerin çözümü iş zekâsı ve büyük veri analitiği ile örüntüler çıkarılarak, araçlardan ve şehir hareketliliğinden gelecek akıllı ulaşım sistem verisi ile tahmin edilmesi sağlanabilir. İlgili analizler neticesinde araçların arıza eğilimleri, araçların arıza önce verdiği sinyalizasyon verileri ile bozulma öncesi müdahale CANbus verileriyle tahmin edilebilmektedir. CANbus verileri ile hem araç envanter bazında hemde insan kaynakları bazında ramak kala raporları çıkarılabilmektedir.

Akıllı ulaşım sistem verilerinin önemli bir sac ayağını oluşturan CAN-bus sensör verileriyle şoför araç kullanım profili çıkarılabilmekte, hatalı, agresif, yakıt değerini arttıran profil kullanımları önlenilmekte, bu vesileyle karbon salınımı ekonomik kullanım yönlendirmeleriyle azaltılabilmektedir. Akıllı ulaşım verileri ile yorgunluk tespiti yapılmakta, alkolmetre, nabız ölçüm sensör verileriyle insan kaynaklı kazalar önlenilmemektedir. IoT verileri ve sinyalizasyon verileri ile hava koşullarına uygun önlemler alınabilmekte, yöneylem araştırması ile sefer şoför ataması, rota planlaması yapılabilmektedir.

Yine büyük veri teknolojileri ile desteklenmiş iş zekâsı uygulamasıyla sosyal medya verileri ile makine öğrenmesi- duygu (sentiment) analizleri yapılarak sefer ve şoför bazlı memnuniyet geri dönüşleri yolcu memnuniyeti sağlanarak alınabilir. İşletme özelinde insan ve çevreye birincil dirsek temasında bulunan yerel yönetimler ve toplu taşıma işletmeleri için ilgili müşteri memnuniyeti önemli değer taşımaktadır.

Toplu taşıma işletmelerine ait büyük verilerin klasik yöntemlerle işlenerek derlenmesi, saklanması ve ileri analitik uygulamalarına sokularak raporlanması, arşivlenmesi sonucu sistemlerinde disk alanlarından, hız, dağıtım, zaman gibi birçok kısıtı ortaya çıkararak oldukça yüksek işletme problemlerine sebebiyet verecektir. Büyük veri analitiği ile desteklenmiş iş zekâsı uygulamalarına ihtiyaç duyulma nedenlerinden biri de anlık verilerin makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi analizlerden geçerek gerçek zamanlı raporlanması ve gerektiğinde aynı anda gerekli mercilere ve şoförlere SMS şeklinde gönderilmesi veya akıllı ulaşım sistem ekranlarına uyarı şeklinde bilgi aktarabilme kabiliyetinde olabilmesidir. Literatür incelemesinde şehir içi toplu taşıma işletmelerinde otobüs varış süre farklılıklarını önlemek amacıyla araçların duraklara varış zamanlarını öngören çalışmalar mevcuttur. İlgili projeler ve çalışmalar yapılırken akıllı ulaşım sistemleri verilerinden, büyük veri analitiğinden ve iş zekâsı uygulamalarından karar destek sistemi çerçevesinde faydalanılmıştır. İş zekâsı uygulamasının farklı veri kaynaklarından veriyi çekerek veri entegrasyon sürecini işleterek (ETL), veriyi özetleyerek veya dönüşüm işlemlerine tabi tutarak gerekli şekilde saklayarak veri ambarı (DWH) mimarisıyla online analitik süreçlerle sürekli analize hazır hale getirerek (OLAP), gerektiğinde küçük veri ambarı parçacıklarına (Data Mart) ayırarak operasyonel olarak rapor ekranlarına birim, kullanıcı bazlı yansıtması işletmelerin ihtiyaç duydukları veri madenciliği sürecidir. Dinamik olarak verinin elde edilmesi, bilgiye dönüştürülmesi ve bilgiden karar verici konuma aktarılması kurumsal stratejik karar mekanizmalarının zekâyâ veriyle ulaştığı bir süreçtir. Gerçek zamanlı işleyen sistemlerde, dinamik çizelgeleme problemlerinin optimizasyon modelleri doğrusal olmayan ve çok karmaşık olduğundan, bu model oluşturmada meta sezgisel algoritmalar genetik algoritmalarla makine öğrenme tekniklerini kullanarak uygulanmaktadır (Luo, Zhang, Zhang, Yu ve Li, 2019).

Büyük veri analitiği teknikleri kullanılarak yolculuk süre aralığının tahmini, araçların trafikte takılma durumlarının tahmini yapan modeller filo takip sistemlerine entegre edilmiştir (Lu, J. Dong, A. Houchin ve C. Liu, 2019). Başka bir çalışmada gerçek zamanlı yolculuk süresi öngörülerek karar destek sistemi geliştirilmiştir. Farklı çalışmada kısa vadeli seyahat süresi tahmin sorunlarının çözümü amacıyla gradyan artırma yöntemi geliştirilerek tahmin modellemesi yapılmıştır (Chen, Liang ve Chu, 2020). Genel literatür taramasında büyük veri analitiği yöntemlerinden uzun-kısa dönemli bellek (LSTM), evrişimli sinir ağları (convolutional neural networks – CNNs), tekrarlayan sinir ağları (recurrent neural networks-RNN) tekniklerinin yoğun kullanıldığı tespit edilmiştir (Korkmaz, Efe ve Özer, 2021).

Akıllı ulaşım verileri ile yolculuk tahmin süreleri hesaplanırken yapay sinir ağları ve lineer regresyon yöntemleri de yoğun olarak tercih edilmektedir (Prasad ve Ramakrishna, 2014; Yu, Xiao, Du, ve He, 2013; Dietterich, 2000; Kee, Wong, Khader ve Hassan, 2017). Akıllı kart ödeme sistem verileri ile yolcu akışını tahmin etmek amacıyla hibrit model oluşturulmuş; yığılmış otomatik kodlayıcılar (SAE - stacked autoencoders), derin sinir ağı modeli (DNN - deep neural network) yapay zekâ yapısıyla çalışma tamamlanmış, güvenilirlik testlerini başarı ile geçmiştir(Liu ve Chen, 2017).

Çin' de Pekin şehir toplu taşıma işletmelerinde kullanılan akıllı kart ödeme sistem verileri ile zaman serisi örüntülerinin ortaya çıkarılması amacıyla tekrarlayan sinir ağı (RNN) modeli başka bir çalışmada kullanılmıştır. Anomali tespitleri veya acil durum uyarıları gibi seyahat akışlarının öngörülmesi maksadıyla tahmin algoritmaları geliştirilmiş ve güvenilirlikleri analiz edilmiştir (Li, Wang, Sun, Ma ve Lu, 2017).

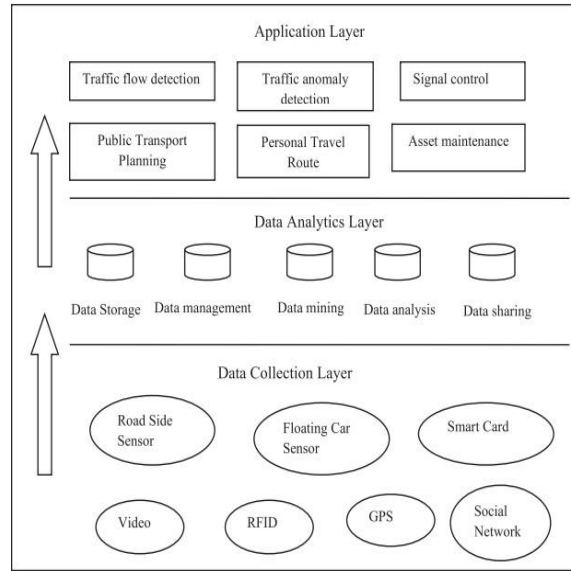
Çin'de, Shenzhen şehri toplu taşıma işletme analizinde, veri bilimciler farklı regresyon modelleri kullanarak seyahat talebini öngörmek çoklu kaynaktan büyük veri analitiği ile üretilmiş iş zekâsı raporları çıkarmışlardır (Tu, Cao, Yue, Zhou, Li ve Li, 2018). Büyük veri teknolojileri kullanılarak akan veriye dayalı (SBDA - streaming big data analysis) durum bazlı (CBM - condition based maintenance) raporlar alan yeni bir analiz uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulamada büyük veri analitiği süreçleri çok boyutlu değerlendirilmiştir (Maktoubian, 2017). Akıllı ücret toplama sistemlerinden ve araç içi verilerden derlenen, Amerika Birleşik Devletleri Toplu Taşıma Kurumundan elde edilmiş verileri analiz eden bir çalışmada toplu taşıma sahtekarlığını makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleriyle tespit etmiş ve sonuçlandırılmıştır (Claiborne ve Gupta, 2018). Şekil 1'de akıllı ulaşım sistemlerinde büyük veri analitiği örnek mimarisine yer verilmiştir.

Yeni nesil ticari iş zekâsı uygulamalarında coğrafi bilgi sistemlerinin entegre çalışması işletmelere ekseriyeten bir kolaylık sağlamakta, Oracle (Sdo_Geometry,) PostgreSQL (PostGIS) gibi ilişkisel veri tabanlarının coğrafi bilgi sistem destekleyici paketlerinin olması güçlü karar destek sistemlerinin kurulmasında önemli rol oynamaktadır. Yöneylem araştırma yöntemleri, büyük veri akışlarını anlamlı bilgilere dönüştürerek karar vericilere yardımcı olma potansiyeline sahiptir. Bu yöntemler sadece toplu taşıma işletme performansını değerlendirmek için değil, aynı zamanda gelecekteki koşulları tahmin etmek ve planlama sorunlarına çözüm üretmek için de kullanılabilir. Akıllı ödeme sistemlerinden kişi bazlı yolcu analize imkân tanıyan, gizli örüntüler barındıran büyük veriler, yolcu alışkanlıklarını belirleyerek toplu taşıma işletmelerinin ve şehir yönetiminin veri odaklı karar almasını sağlamaktadır.

Elde edilen verilerin, açık kaynaklı büyük veri teknolojileri olan Apache Hadoop, Apache Spark, Apache Hive, Cassandra, Apache Kafka, Mongo DB, Apache Airflow, MapReduce hiyerarşisine sahip mimari teknolojileri gibi ürünlerle desteklenerek gerektiğinde yine açık kaynaklı veya ücretsiz hizmete sunulmuş iş zekâsı ürünleri ile raporlanabilmesine imkân bulunmaktadır. Ücretsiz kullanımda olan popüler Talend, Pentaho gibi ETL yazılımları kullanılabilir. Açık kaynak kodlu büyük ilişkisel verileri işleyebilecek ve saklayabilecek veritabanı PostgreSQL tercih edilebilir. Apache Superset gibi sunucu üzerinde çalışan kapalı mimari çözümlerle de kurumsal işletme iş zekâsı raporlama ekranları hızlı bir şekilde yapılandırılabilir. Başka büyük veri teknolojisi olan Cloudera Apache Impala'ya dayalı bir uzay-zamansal veri yöntem ürünü, büyük veriyi paylaşmanın verimliliğini artırmak amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir.

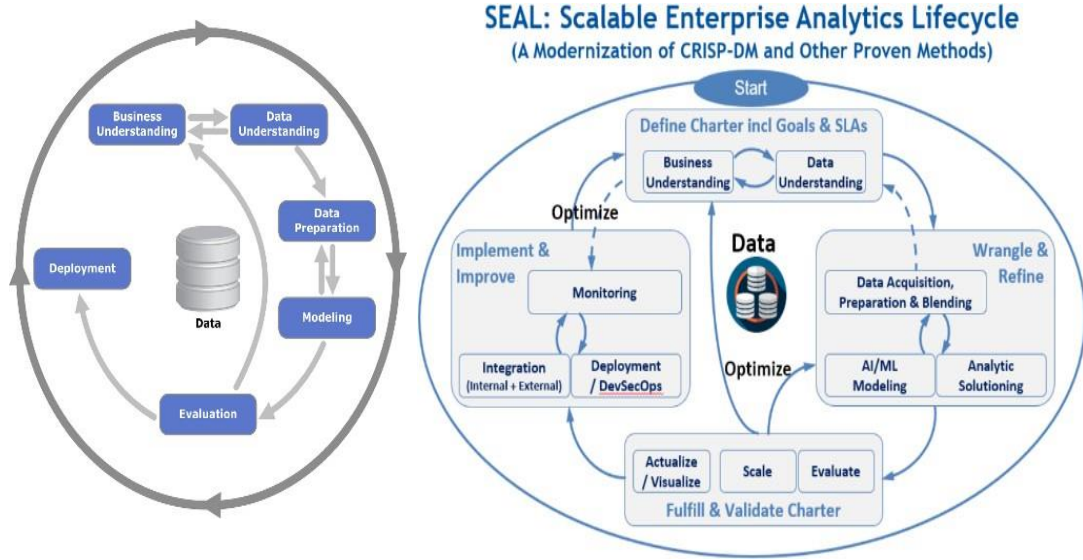
Araştırmacılar bu ürünü koordinat verilerini almak, Taiyuan'daki trafik veri akışını haritalamak, trafik planlamasını yapmak, planlama ve davranış yönetimi gibi faaliyetler için akıllı toplu taşıma sistemlerinde bu haritalamanın kullanılabilirliğini arttırmak için kullanmışlardır (Zhou, Chen, Yuan ve Chen, 2016). Şekil 2'de klasik ve modern CRISP-DM yaklaşımının gösterimine (veri madenciliği için çapraz endüstri standart süreci) yer verilmiştir.

Şekil 1. Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Büyük Veri Analitiği Örnek Mimarisi



Kaynak: Zhu, Li, Yu, Fei, Wang, Yige, Ning, Bin ve Tang, 2018.

Şekil 2. Klasik ve Modern CRISP-DM Yaklaşımının Gösterimi (Veri Madenciliği için Çapraz Endüstri Standart Süreci)



Kaynak: Huber ve diğerleri, 2019; Bertman, 2020.

Veri Madenciliği süreçlerinde yürütülmekte olan proje işlem döngüsü (CRISP-DM) uzun süredir işletmelerde gerek iş zekâsı çalışmalarında gerekse iş analitiği analizlerinde kullanılmıştır ve halen kullanılmaktadır.

Yeni bir yaklaşım olan ölçeklenebilir kurumsal analitik yaşam döngüsü (SEAL), klasik CRISP-DM döngüsü üzerine kurulu yeni bir yaklaşım olarak çevik proje sistemleri sunmakta, veri mühendisi ekibi ile ETL süreçleri ile çoklu veri entegrasyonu yaparak, veri bilimci ekibinin veri borularıyla sürekli akan verilerle desteklendiği, işletmelerde gizli yeni örüntüler çıkarmaya uygun gerek bulut sistemlerce gerek büyük veri depolama alanlarıyla depolama yapabilen dağıtık veri sistemlerini lokasyon bağımsız kullanan yapay zekâ proje döngülerinde aktif olarak kullanan yeni nesil işletme veri analitiği proje döngüsüdür.

5. SONUÇ

Yapılmış olan literatür incelemesi sonucunda toplu taşıma işletmelerinde veri odaklı planlama vizyonunun kullanımının yaygınlaştığı tespit edilmiştir. Gerek akademik camiada gerekse toplu ulaşım sektöründe hali hazırdaki veri çeşitliliğinin getirdiği zorluklara uyum sağlamak amacıyla mevcut kullanılan modellerin yetenekleri geliştirilerek büyük veri analitiğine gerçek zamanlı şekilde raporlanacak seviyede uygun hale getirilmelidir. Veri odaklı en iyilenmiş, optimizasyon uygulamalarına uygun, akıllı ulaşım verileri tabanlı toplu taşıma işletme yapısının, geleneksel yönetim anlayışın dışına çıkabilmesi, büyük veri teknolojilerini kullanılarak yapılandırılmış iş zekâsı sistem entegrasyonuna bağlıdır.

Toplu taşıma işletme planlamalarında optimizasyon algoritmalarının katkısı çok boyutludur ve birçok öngörülemeyen ancak modellenmiş sorunları çözebilme yeteneğine sahiptir. Yakın gelecekte neredeyse tüm metropol toplu taşıma işletmelerinin akıllı sistemler ile entegrasyonlu karar destek sistemlerine geçeceği tahmin edilmektedir. İlgili alanda akıllı ulaşım verileri kullanılarak büyük veri teknolojileri ile desteklenmiş, tüm kurumsal idareyi, mimarisıyla ilişkilendirmiş iş zekâsı uygulamalarının ve işletme anahtar performans göstergesi bazlı araştırma konularının incelenmediği ve bu konuda literatür ve bilgi aktarımı eksiliği olduğu görülmüş, ilgili çalışma hazırlanmıştır. Literatür incelemesinde büyük veri kategorisine girmeyen ancak araştırmacılar tarafından iş zekâsı ve büyük veri analitiği kapsamına alınmış çalışmalar da tespit edilmiştir. Bu çalışmalar işletme içi ve işletme dışı anket soru formlarına dayalı analizler neticesinde klasik yönetsel ölçeklerdir.

Genel olarak literatürde akıllı kart ödeme sistem verileri ve GPS bazlı veriler büyük veri kategorisinde gerçekleştirilmiş başlıca araştırma altlıklarıdır. Bu alanda yeni eğilimlerin sosyal medya bazlı duygusal analizlerle makine öğrenmesine dayalı karar destek sistemleri üzerine olduğu görülmüştür. Duygusal analizlerin hane halkıve müşteri anketlerine alternatif olma potansiyelleri mevcuttur.

İşletmelere ait herhangi bir sistem mevcut değil ise de şehir içi toplu taşıma araçlarının sürüş zamanı ve yakıt tüketimi, Google, Open Street gibi haritalar imkanıyla noktalar arasındaki gerçek zamanlı mevcut hızlar alınarak, seyri sefer planlarının oluşturulması işletme faydası açısından olumlu katkılar sağlayacaktır. Büyük veri analitiğini yeni yaklaşımlarla daha etkin sistem mimarileriyle yapılandırmak kazanılan öngörülerini genişletecek ve doğru kararlar alınmasına imkân sağlayacaktır.

Akıllı ulaşım sistem verilerinin büyük veri analiz yöntemleriyle geliştirilmesi, toplu ulaşım işletmeleri açısından, şehir yönetimi ve akademik çalışanlar için yararlı olacaktır. Gelecek çalışmaların yarı insanlı veya otonom toplu taşıma verilerini içeren karar destek sistemlerine ve bulut tabanlı işletme kültürüne üzerine eğilmesi tavsiye edilmektedir. Literatürde gelişmiş ülkelerde her ne kadar uygulansada akademik çalışmalara yansımamış olan KVKK-GDPR kişisel verileri koruma kanuna uygun sistemler kurgulaması bir eksilik olarak görülmüştür.

Toplu ulaşım işletmelerinin, yerel yönetimlerin ve genel anlamda işletmelerin TÜBİTAK ve Üniversiteler ile protokoller imzalayarak bu konuya yerinde kurumsal yönetime uygun çözümler bularak her anlamda işletme ve ülke ekonomisine fayda sağlama kazanımı elde edilebilir. Küresel anlamda akıllı ulaşım sistemleri teknolojilerinin ve verilerinin karar destek sistemleriyle stratejik kararlar alıcı bir mimariye dönüştürülmesi büyük bir Pazar alanı potansiyeline sahiptir.

KAYNAKÇA

- Alan, Hale, (2019), “**Disiplinler Arası Bir Bilim Dalı Olma Yolunda Yönetim Bilişim Sistemleri ve İşletme Enformatiğinin Temelleri**”, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 17 (2), ss.69-92, DOI: 10.18026/cbayarsos.475441.
- Belissent, Jennifer, (2010), “**Getting Clever About Smart Cities: New Opportunities Require New Business Models**”, Forrester Research. pp. 3-5. Erişim adresi: <https://www.forrester.com/report/Getting+Clever+About+Smart+Cities+New+Opportunities+Require+New+Business+Models/-/E-RES56701>.
- Bertman, Jeff, (2020), “**Modernizing the Analytics and Data Science Lifecycle for the Scalable Enterprise: The SEAL Method**”, Erişim adresi: <https://medium.com/@techbreeze/modernizing-the-analytics-and-data-science-lifecycle-for-the-scalable-enterprise-the-seal-method-873aa136cc74>
- Camero, Andrés, Alba, Enrique, (2019), “**Smart City and Information Technology: A Review**”, Cities, vol. 93, pp. 84-94, ISSN 0264-2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.014>.
- Caragliu, Andrea, Del Bo, Chiara F., (2019), “**Smart Innovative cities: The Impact of Smart City Policies on Urban Innovation**”, Technological Forecasting and Social Change, vol. 142, pp. 373-383, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.022>.
- Chen, Cynthia, Ma, Jingtao, Susilo, Yusak, Liu, Yu, Wang, Menglin, (2016), “**The Promises of Big Data and Small Data for Travel Behavior (aka human mobility) Analysis**”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 68, pp.285-299, doi: 10.1016/j.trc.2016.04.005.
- Chen, Che-Ming, Liang, Chia-Ching, Chu, Chih-Peng, (2020), “**Long-Term Travel Time Prediction Using Gradient Boosting**”, J. Intell. Transp. Syst. Technol. Planning, Oper., 24 (2), pp. 109-124. DOI: 10.1080/15472450.2018.1542304.
- Chen, Hsinchun, Chiang, Roger, H. L., Storey, Veda. C., (2012), “**Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact**”, MIS Quarterly, 36(4), pp.1165-1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>.
- Chu, Zhen, Cheng, Mingwang, Neil Yu, Ning, (2021), “**A Smart City is A Less Polluted City**”, Technological Forecasting and Social Change, vol. 172, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121037>.
- Claiborne, Jay ve Gupta, Ashish, (2018), “**Machine Learning Classifiers for Predicting Transit Fraud**”, AMCIS 2018 Proceedings, 37. <https://aisel.aisnet.org/amcis2018/DataScience/Presentations/37>.
- Davidson, Adam, (2016), “**Big Data Exhaust for Origin-Destination Surveys: Using Mobile TripPlanning Data for Simple Surveying**”, Proceedings of the 95th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- Dietterich, Thomas, G., (2000), “**Ensemble Methods in Machine Learning**”, Multiple Classifier Systems. MCS 2000. Lecture Notes in Computer Science,

- vol 1857. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-45014-9_1.
- Huber, Steffen, Wiemer, Hajo, Schneider, Dorothea, Ihlenfeldt, Steffen, (2019), **“DMME: Data Mining Methodology for Engineering Applications - A Holistic Extension to the CRISP-DM Model”**, Procedia CIRP. Volume 79, pp. 403-408, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.106>.
- Kashef, Mohamad, Visvizi, Anna, Troisi, Orlando, (2021), **“Smart City as a Smart Service System: Human-Computer Interaction and Smart City Surveillance Systems”**, Computers in Human Behavior, vol. 124, ISSN 0747-5632, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106923>.
- Kee, Chee Yau, Wong, Li-Pei, Khader, Ahamad Tajudin ve Hassan, Fadratul Hafinaz, (2017), **“Multi-Label Classification of Estimated Time of Arrival with Ensemble Neural Networks in Bus Transportation Network”**, 2017 2nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE), pp. 150-154.
- Korkmaz, Ece Sema, Efe, Serhat Berat, Özer, İlyas, (2021), **“Toplu Taşıma Sefer Optimizasyonu için Kullanılan Akıllı Ulaşım Sistemleri Teknolojileri”**, International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies, ss.22-25 February.
- Li, Yang, Wang, Xudong, Sun, Shuo, Ma, Xiaolei ve Lu, Guangquan, (2017), **“Forecasting Short-Term Subway Passenger Flow under Special Events Scenarios Using Multiscale Radial Basis Function Networks”**, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 77, pp.306–328. doi: 10.1016/j.trc.2017.02.005.
- Liu, Lijuan ve Chen, Rung-Ching, (2017), **“A Novel Passenger flow Prediction Model Using Deep Learning Methods”**, Transportation Research Part C- Emerging Technologies, 84, pp.74–91. doi: 10.1016/j.trc.2017.08.001.
- Lu, Chaoru, Dong, Jing, Houchin, Andrew ve Liu, Chenhui, (2019), **“Incorporating the Standstill Distance and Time Headway Distributions into Freeway Car-Following Models and an Application to Estimating Freeway Travel Time Reliability”**, Journal of Intelligent Transportation Systems, pp.1-20. DOI: 10.1080/15472450.2019.1683450.
- Luo, Xing-Gang, Zhang, Hong-Bo, Zhang, Zhong-Liang., Yu, Yang ve Li, Ke, (2019), **“A New Framework of Intelligent Public Transportation System Based on the Internet of Things”**, IEEE Access, vol. 7, pp.55290-55304, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2913288.
- Maktoubian, Jamal, (2017), **“Proposing a Streaming Big Data Analytics (SBDA) Platform for Condition Based Maintenance (CBM) and Monitoring Transportation Systems”**, EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems, 4(13).
- Onay, Ahmet, (2020), **“Büyük Veri Çağında İç Denetimin Dönüşümü”**, Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 22 (1), pp.127-163. DOI: 10.31460/mbdd.620837.

- Prasad, Kalli Srinivasa ve Ramakrishna, Seelam, (2014), “**An Efficient Traffic Forecasting System Based on Spatial Data and Decision Trees**”, *Int. Arab J. Inf. Technol.*, 11(2), pp.186-194.
- SETA, (2021), Akıllı Şehirler, Değişen Şehir Yönetimi ve Türkiye. Erişim adresi <https://www.setav.org/rapor-akilli-sehirler-degisen-sehir-yonetimi-ve-turkiye/> (Erişim Tarihi, 10.06.2021).
- Tektaş, Mehmet ve Tektaş, Necla, (2019), “**Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamalarının Sektörlere Göre Dağılımı**”, *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 2 (1), ss:32-41, Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jitsa/issue/44655/547872>.
- Tu, Wei, Cao, Rui, Yue, Yang, Zhou, Baoding, Li, Qiuping ve Li, Qingquan, (2018), “**Spatial Variations in Urban Public Ridership derived from GPS Trajectories and Smart Card Data**”, *Journal of Transport Geography*, 69, pp.45-57. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2018.04.013.
- UN-Habitat. (2013), **Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report On Human Settlements**, Routledge, New York, ISBN: 978-0-415-72318-3. Erişim adresi <https://unhabitat.org/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013>. Yu, Haitao, Xiao, Randong, Du, Yong ve He, Zhiying, (2013), “**A Bus-Arrival Time Prediction Model based on Historical Traffic Patterns**”, 2013 International Conference on Computer Sciences and Applications, pp.345-349, doi: 10.1109/CSA.2013.87.
- Zhou, Lianjie, Chen, Nengcheng, Yuan, Sai ve Chen, Zeqiang, (2016), “**An Efficient Method of Sharing Mass Spatio-Temporal Trajectory Data based on Cludera Impala for Traffic Distribution Mapping in an Urban City**”, *Sensors*. 16(11), 1813. Doi:10.3390/s16111813.
- Zhu, Li, Yu, Fei Richard, Wang, Yige, Ning, Bin, Tang, Tao, (2018), “**Big Data Analytics in Intelligent Transportation Systems: A Survey**”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, no. 1, pp.383-398, doi: 10.1109/TITS.2018.2815678.