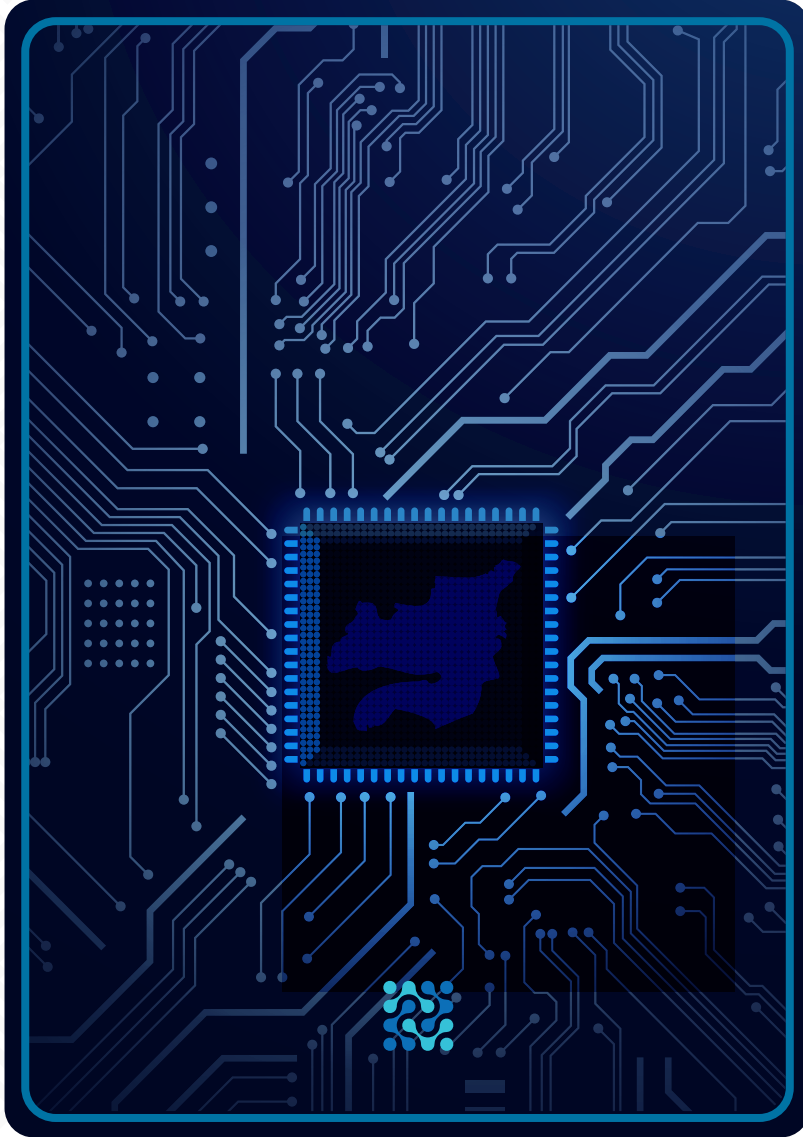


# ŞÛRA AKADEMİ

KENT ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

SAYI:2 | 2023 | ISSN: 2791-8424

## Akıllı Şehirler



**ŞÛRA**  
**KENT POLİTİKALARI**  
VE ARAŞTIRMALARI MERKEZİ

# ŞURA AKADEMİ

**Kent Araştırmaları Dergisi**  
**Uluslararası Süreli Yayın**  
**ISSN: 2791-8424**  
**Yıl: 2023 Sayı:2**

**Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Adına İmtiyaz Sahibi**

Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN

**Genel Koordinatör**  
Balamir GÜNDOĞDU

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**  
Ayhan VAROL

**Yönetici Editör**  
Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL

**Düzenleme ve Editör Kurulu**

Hasan YILMAZ  
Menekşe SÖZEN  
Dr. Burcu CİNER  
Selahaddin Ensar KOMUT  
Sami TÜMÜÇ  
Ömer Bora NAMLI  
Naciye Nur MAKARACI

**Bilim ve Danışma Kurulu**

Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Oğuzhan URHAN, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Abdülkadir ŞENKAL, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Sevil VELİ, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Elif KARAGÜN, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Levent ATALI, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Elif Özlem AYDIN ORAL, Gebze Teknik Üniversitesi	Prof. Dr. Meral ELÇİ, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ercüment ÇİFTÇİ, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Saadettin Haluk ÇİTÇİ, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Haluk SELVİ, Sakarya Üniversitesi	Doç. Dr. Bilsen BİLGİLİ, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Hamza ATEŞ, İstanbul Medeniyet Üniversitesi	Doç. Dr. Doğa Başar SARIİPEK, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Nigar PÖSTEKİ, Kocaeli Üniversitesi	Doç. Dr. Zeynep Gamze MERT, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ, Gebze Teknik Üniversitesi	Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nihat ERDOĞMUŞ, Yıldız Teknik Üniversitesi	Dr. Cemil ARSLAN, Marmara Belediyeler Birliği Genel Sekreteri
Prof. Dr. Oktay KOÇ, Sinop Üniversitesi	Öğr. Gör. Ramazan AYBEY, Gebze Teknik Üniversitesi

*Şura Akademi uluslararası hakemli dergidir, 4 ayda bir yayınlanır, ücretsizdir. Makalelerin hukuki ve bilimsel sorumluluğu yazarlarına aittir. Şura Akademi ve yazarın adı kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz. Dergiye gönderilen yazılar hakem onayından geçmiştir.*

**Kapak Tasarım**

Enes Fehim OCAKLI

**Tasarım**

Graffiti

**Adres**

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Şura Kent Araştırmaları Merkezi, Kozluk Mahallesi, Mehmet Ali Kağıtçı  
Sokak, No: 71 İzmit / KOCAELİ

**İletişim**

+90 262 270 01 00 | bilgi@suraakademi.org.tr

**Web**

www.suraakademi.org.tr

## İçindekiler / Contents

- 
- 005** Önsöz / Introduction  
**Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN**
- 
- 007** Sunuş / Foreword  
**Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL**
- 
- 008** Genel Bakış / Overview  
**Prof. Dr. Oğuzhan URHAN**
- 
- 011** Şehirlerde Akıllı Çevre Uygulamaları / *Smart Environment Applications in Cities*  
**Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ, Doç. Dr. Mehmet ÇETİN**
- 
- 019** Veriye Dayalı Akıllı Şehir Oluşturmada Teknoloji Trendleri / *Technology Trends in Building a Data-Driven Smart City*  
**Prof. Dr. Oğuzhan URHAN, Prof. Dr. Mehmet Kemal GÜLLÜ**
- 
- 027** Akıllı Şehirlerde Afet Riski Azaltılması Uygulamaları / *Disaster Risk Reduction Practices in Smart Cities*  
**Prof. Dr. Şerif BARIŞ, Doç. Dr. Abdullah Can ZÜLFİKAR, Mustafa KORKMAZ, Süleyman TUNÇ**
- 
- 043** Spor Bilimleri Fakültesinde Okuyan Öğrencilerin “Akıllı Şehir” ve “Erişilebilirlik” Kavramlarına İlişkin Metaforları / *Metaphors of the Students in the Faculty of Sport Sciences on the Concepts of “Smart City” and “Accessibility”*  
**Prof. Dr. Elif KARAGÜN, Doç. Dr. Sevinç NAMLI**
- 
- 061** Veri Güdümlü Kent Yönetimi: Otobüs Hatları için Gerçek Zamanlı Durak Yoğunluğu Engelleme ve Operasyon Destek Sistemi / *Data Driven City Management: Real-Time Bus Bunching Prevention and Operation Support System for Bus Lines*  
**Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK, Bekir ÖZYURT**
- 
- 073** Akıllı Şehirlerde Ulaşım Uygulamaları / *Transportation Applications in Smart Cities*  
**Dr. Öğr. Üyesi Ayhan KÜÇÜKMANİSA, Doç. Dr. Ali Can KARACA**
-



# Önsöz / Introduction

Teknolojiye dayalı gelişim süreci, insan hayatını yaşamın başlangıcından bu yana sürekli olarak değiştirmektedir. Teknoloji denildiğinde sadece bilgisayarlar, cep telefonları akla gelse de aslında geçmişten günümüze, basitten karmaşığa tüm icatlar insanoğlu için zamanının önemli birer teknolojisidir. Bu kapsamda teknolojinin ve onun ürettiği katma değer bilincinde olarak Kocaeli Büyükşehir Belediyesi öncülüğünde tüm kesimlerin katılımıyla kapsamlı bir hazırlık süreci yürütülmüştür. Akıllı Şehirler konusunda halihazırda yürütülen ve planlanan çalışmaların uygulanabilir ve sürdürülebilir olması hedeflenmektedir.

Hazırlık süreci; değerlerin analiz edilmesi, istatistik verilerin yorumlanması, geniş kitlelere yönelik algı ölçümlerinin yapılması, paydaşların değerlendirme ve önerilerinin alınması, akıllı şehir eğilimlerinin ve politikalarının iyi okunmasını kapsayan uzun soluklu bir süreç olmuştur.

Farklı yöntem ve çalışmalardan elde edilen tespitlerden yola çıkarak Kocaeli'nin "Akıllı Şehir" vizyonuna yönelik hedeflerini, bu hedeflere ulaşmak için benimsenecek stratejileri ve bu stratejileri gerçekleştirmek için uygulanacak eylemleri içeren "Kocaeli Akıllı Şehir Master Planı Strateji Dökümanı" hazırlıkları devam etmektedir.

Tüm bu çalışmalar ışığında ve ortak akıl çerçevesinde yolumuzun daha da aydınlanabilmesi için Kocaeli'nin "Akıllı Şehir" vizyonu üzerine akademik çalışmaları yer aldığı Şura Akademi kent araştırmaları dergisinin Akıllı Şehirler sayısını çalışmacıların ve okurların ilgisine sunuyoruz.

Technological developments have been constantly changing human life since the beginning of life. Although, computers and mobile phones come to mind when technology is mentioned, all inventions from simple to complex are important technologies of their time. In this context, a comprehensive preparation process was carried out with participation of all stakeholders under the leadership of Kocaeli Metropolitan Municipality. Ongoing smart city applications as well as all other planned implementations were aimed to be sustainable.

Preparation process had been a long-term process which includes analyzing assets, measuring perceptions of large audience groups, interpreting statistical data, and evaluating suggestions of stakeholders in line with smart city trends and policies.

The results obtained from these various methods and studies will help forming "Kocaeli Smart City Master Plan", which includes strategies and goals to achieve according to Kocaeli's smart city vision.

Aligned with these studies here we present the "Smart Cities" issue of Journal of Şura Akademi, which includes academic research papers on comparative approaches to smart city applications.

**Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN**  
Kocaeli Büyükşehir Belediye Başkanı  
Mayor of Kocaeli Metropolitan Municipality



# Sunuş / Foreword

Şûra Akademi Kent Araştırmaları Dergisi “Akıllı Şehirler” konulu ikinci sayısını siz okurlarımıza sunuyoruz. ŞÛRA Kent Politikaları ve Araştırmaları Merkezi’nin Akıllı Şehirler çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen çalıştaylar, odak grup toplantıları, araştırmalar ve incelemeler neticesinde ortaya çıkan veriler bilimsel çalışmalarla kentin sorunlarına ve geleceğine yön vermek için derlendi. Derginin ikinci sayısı, veri güdümlü kent yönetimi, akıllı şehirlerde ulaşım uygulamaları, erişilebilirlik, akıllı çevre uygulamaları, akıllı şehir oluşturmada teknoloji trendleri, afet riski azaltılmasına yönelik uygulamaları konu alan makalelerden oluşuyor.

Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ ve Doç. Dr. Mehmet ÇETİN, “Şehirlerde Akıllı Çevre Uygulamaları” başlıklı makalesinde doğal kaynakların korunmasını sağlayabilecek, çevresel ayak izi daha düşük, sürdürülebilir yerel yönetim modellerinin oluşturulmasına katkı sağlayabilecek akıllı şehir uygulamalarına değiniyor. Prof. Dr. Oğuzhan URHAN ve Prof. Dr. Mehmet Kemal GÜLLÜ kaleme aldıkları “Veriye Dayalı Akıllı Şehir Oluşturmada Teknoloji Trendleri” başlıklı makalesinde akıllı şehir, yapay zeka ve büyük veri gibi kavramlara değiniyor. Prof. Dr. Şerif BARIŞ, Doç. Dr. Abdullah Can ZÜLFİKAR, Mustafa KORKMAZ ve Süleyman TUNÇ, “Akıllı Şehirlerde Afet Riski Azaltılması Uygulamaları” başlıklı makalesinde afet risklerini azaltmak için kullanılan çeşitli erken uyarı sistemlerini ve güncel uygulamalarını değerlendirdiler. Prof. Dr. Elif KARAGÜN ve Doç. Dr. Sevinç NAMLI, “Spor Bilimleri Fakültesinde Okuyan Öğrencilerin “Akıllı Şehir” ve “Erişilebilirlik” Kavramlarına İlişkin Metaforları” isimli makalesiyle değerlendirmelerini sunuyor. Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK ve Bekir ÖZYURT, “Veri Güdümlü Kent Yönetimi: Otobüs Hatları için Gerçek Zamanlı Durak Yoğunluğu Engelleme ve Operasyon Destek Sistemi” isimli makalesinde modern kentlerin toplu taşıma sorunlarına çözüm sağlayabilecek bir uygulama modeli sunuyor. Son olarak, Doç. Dr. Ayhan KÜÇÜKMANİSA ve Doç. Dr. Ali Can KARA’nın “Akıllı Şehirlerde Ulaşım Uygulamaları” isimli makalesinde akıllı ulaşım sistemleri, trafik analiz ve kontrolü, yapay zeka ve derin öğrenme kavramları değerlendiriliyor.

Şûra Akademi Dergisi olarak, ikinci sayımız “Akıllı Şehirler” ile modern şehrin sorunlarına akıllı şehir uygulamaları ile yeni bir bakış açısı ve çözüm önerileri getirirken, akademik literatüre de olumlu katkılar sağlamayı umuyoruz.

Journal of Şûra Akademi presents its second issue which focuses on “Smart Cities”. Collected data from ŞÛRA Urban Policies and Research Center’s workshops, focus group meetings, surveys and examinations were compiled to guide through the potential future problems of the city. Our second issue includes articles on data-driven city management, transportation applications in smart cities, accessibility, smart environment applications, technology trends on creating smart cities and disaster risk reduction applications.

In “Smart Environment Applications in Cities” article, Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ and Assoc. Dr. Mehmet ÇETİN, have instantiated smart city applications which could contribute to sustainable local government models with lower environmental footprints and protect natural resources. In another article, Prof. Dr. Oğuzhan URHAN and Prof. Dr. Mehmet Kemal GÜLLÜ have explained the concepts of smart city, artificial intelligence and big data. “Technology Trends in Building a Data-Driven Smart City”. Definition of a smart city, artificial intelligence and data analytics are among the key concepts of this article. Prof. Dr. Şerif BARIŞ, Assoc. Dr. Abdullah Can ZÜLFİKAR, Mustafa KORKMAZ and Süleyman TUNÇ have contributed with their “Disaster Risk Reduction Practices in Smart Cities” paper. In their article, early warning system practices for reducing disaster risks were reviewed. Prof. Dr. Elif KARAGÜN and Assoc. Dr. Sevinç NAMLI’s have evaluated the “Metaphors of the Students in the Faculty of Sport Sciences on the Concepts of “Smart City”. In another article, In “Data Driven City Management: Real-Time Bus Bunching Prevention and Operation Support System for Bus Lines” article, Assoc. Dr. Mehmet GÖKTÜRK and Bekir ÖZYURT have developed a smart city application model, which could provide solutions to the public transportation problems of modern cities. Lastly, Assoc. Dr. Ayhan KÜÇÜKMANİSA and Assoc. Dr. Ali Can KARA have examined intelligent transportation systems, traffic analysis and control systems, artificial intelligence and deep learning concepts in their “Transportation Applications in Smart Cities” article.

As Journal of Şûra Akademi, we hope to make valuable contributions to the academic literature with our second issue, “Smart Cities”, while offering a new perspective and solutions to the modern city’s problems with smart city applications.

Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL  
Editör / Editor



# Genel Bakış / Overview

2000'li yıllar itibariyle Dünya genelinde şehirlerde yaşayan nüfusun kırsalda yaşayan nüfusu aşması teknolojinin şehir yönetimi ve yaşamında kullanımını kaçınılmaz hale getirmiştir. Akıllı şehir kavramı, hızla gelişen ve yaygınlaşan teknolojinin şehir yaşamını kolaylaştırması amacıyla genel bir çerçeve olarak ele alınabilir.

Özellikle son 20 yıldır sensör, iletişim, veri işleme teknolojilerindeki önemli ilerlemeler ve bu teknolojilerinin maliyetlerinin gün geçtikçe düşmesi teknoloji odaklı birçok farklı uygulamanın gerçekleşmesini mümkün kılmıştır. Akıllı şehir çalışmaları teknoloji yönüyle ICT (Information and Communications Technology) alanıyla ilgili görünse de ICT temelde bir alt yapı olarak farklı akıllı şehir uygulamalarına altlık oluşturma görevini üstlenmektedir. Bu kapsamda ICT, "Akıllı Çevre"den "Akıllı Yönetişim"e, "Akıllı Ulaşım"dan "Akıllı Yaşam"a farklı uygulamalar için bir yapı taşı olarak ele alınmalıdır.

Gerek ülkemizde gerekse Kocaeli'de yapılan akıllı şehir çalışmaları incelendiğinde bu çalışmaların ağırlıklı olarak yerel yönetimler tarafından şehir sakinlerine sunulan hizmetlerin kalitesini artırmaya yönelik bağımsız uygulamalar şeklinde kurgulandığı görülmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın "2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı" akıllı şehirlerde farklı paydaşların rollerini tanımlama açısından önemli bir kılavuz olarak öne çıkmaktadır. Bu dokümanda kritiklik seviyesine göre "Çok Yüksek Kritik" seviyede nitelenen eylemlerden;

- "Akıllı şehir yatırımlarında kaynakların etkin ve verimli kullanımına yönelik bütüncül ve planlı bir yatırım ortamı sağlanacaktır."
- "Kamu değeri yüksek akıllı şehir projeleri geliştirilerek etkin bir şekilde planlanması, hayata geçirilmesi ve yaygınlaştırılması sağlanacaktır."
- "Şehre özgü yerel akıllı şehir stratejisi ve yol haritası hazırlanacaktır."
- "Ulusal akıllı şehir mimarisi ve ulusal akıllı şehir veri paylaşım yönetişimi platformu geliştirilecek, işlerliği ve sürdürülebilirliği sağlanacaktır."

şeklindeki eylemlerin özellikle planlama konusuna yapılan vurguyu göstermesi nedeniyle önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Yukarıda açıklanan çerçevede Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Stratejisi ve Eylem Planı ile de uyumlu olacak şekilde Kocaeli'nin "Akıllı Şehir Stratejisi ve Yol Haritası"nın oluşturulmasına yönelik çalışmalar Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ŞURA Kent Politikaları Araştırma Merkezi koordinasyonunda 2020 yılında başlamıştır. Bu kapsamda konunun gerek akademik gerekse saha uygulamaları yönünü kapsamlı şekilde ele alabilmek için başta Kocaeli Üniversitesi (KOÜ) ve Gebze Teknik Üniversitesi (GTÜ) olmak üzere birçok kamu kurumu ve özel kuruluş ile bir araya gelinmiştir. Bu çerçevede Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin (KBB), KOÜ ve GTÜ ile 2020 yılında imzaladığı "Akıllı Şehir İşbirliği Protokolü" KBB'nin konuyu verdiği önemi göstermektedir.

Bu çalışmaların devamında KBB öncülüğünde Ocak 2022'de toplanan "Akıllı Şehir Şurası" gerek Kocaeli'de gerekse ülkede konunun bütün paydaşlarını bir araya getirerek akıllı şehirler alanında kent için ortak akın oluşmasını hedeflemiştir. Akıllı Şehirler Şurası kapsamında 171 uzmanın katılımı ile "Yerel Yönetimlerde Akıllı Şehir Uygulamaları", "E-Hizmetler ile Veriye Dayalı Şehir Yönetimi", "Akıllı Ulaşım Çözümleri", "Akıllı Çevre", "Akıllı Şehirlerde Gençlik Spor ve Eğitim", "İnsan Odaklı Akıllı Şehir", "Altyapı ve Afet Yönetimi" konularında 7 odak grupta detaylı çalışmalar yürütülmüş ve bu çalışmalar raporlanmıştır.

Akıllı Şehir Şurasının Sonuç Raporu'nu referans alarak üzerinde çalışılmaya başlanan "Kocaeli Akıllı Şehir Master Planı" konusundaki çalışmalar önemli bir olgunluğa ulaşmış olup önümüzdeki aylarda bu planının kamuoyu ile paylaşılması planlanmaktadır. Bu süreçte Kocaeli'de gerçekleştirilen akıllı şehir projelerinin bütüncül, veri paylaşımını önceleyen şekilde gerçekleştirilmesine yönelik faaliyetler sürdürülmektedir.

Kocaeli'de "Akıllı Şehirler" kapsamında yapılan bu yoğun planlama ve faaliyetlerin bir bütünleyicisi olarak Şura Akademi Dergisi'nin ikinci sayısı "Akıllı Şehirler" özel sayısı olarak kurgulanmıştır. Derginin bu sayısında afetten ulaşım, çevreden veriye dayalı akıllı şehir oluşturmaya akıllı şehirler kapsamındaki önemli konular akademisyenlerce altı makalede ele alınmıştır.

As of 2000, the world population living in cities have exceeded the population living in rural areas, which makes the use of technology in city management inevitable. The “smart city” concept could be considered as a framework to make city life easier with rapidly developing and spreading technologies.

Significant advances in sensor, communication and data processing technologies, especially in the last 20 years, along with decreasing costs have made various technology-oriented applications possible in everyday life. Although smart city studies seem to be related to the ICT (Information and Communications Technology) in terms of technology, ICT mostly focuses on creating a base for different smart city applications as an infrastructure. In this context, ICT should be considered as a building block for different applications such as “Smart Environment”, “Smart Governance”, “Smart Transportation” and “Smart Life”.

When the smart city studies in nationwide and specifically in Kocaeli were examined, the applications seemed to be mainly designed as independent practices aimed to increase the quality of services offered by local governments.

The “2020-2023 National Smart Cities Strategy and Action Plan” of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change stands out as an important guideline for defining the roles of stakeholders. Due to the emphasis on planning, the following actions were considered as “Highly Critical” according to the the document:

- “An integrated investment plan should be provided for the effective and efficient use of resources in smart cities.”
- “Effective smart city projects for the general public should be planned, developed and applied widespread.”
- “Local smart city strategies and roadmaps should be prepared.”
- “National smart city architecture developed and sustainable smart city database should be provided.”

Preparation of “Kocaeli’s Smart City Strategy Plan” in line with the Strategy and Action Plan of the Ministry of Urbanization and Climate Change and led by ŞURA Urban Policy Research Center of Kocaeli Metropolitan

Municipality has started in 2020. Many public institutions such as Kocaeli University (KOU), Gebze Technical University (GTU) and various other private organizations have collaborated to address smart city related issues of both in theory and practice. In this context, “Smart City Cooperation Protocol” was signed by Kocaeli Metropolitan Municipality (KBB), KOÜ and GTU in 2020.

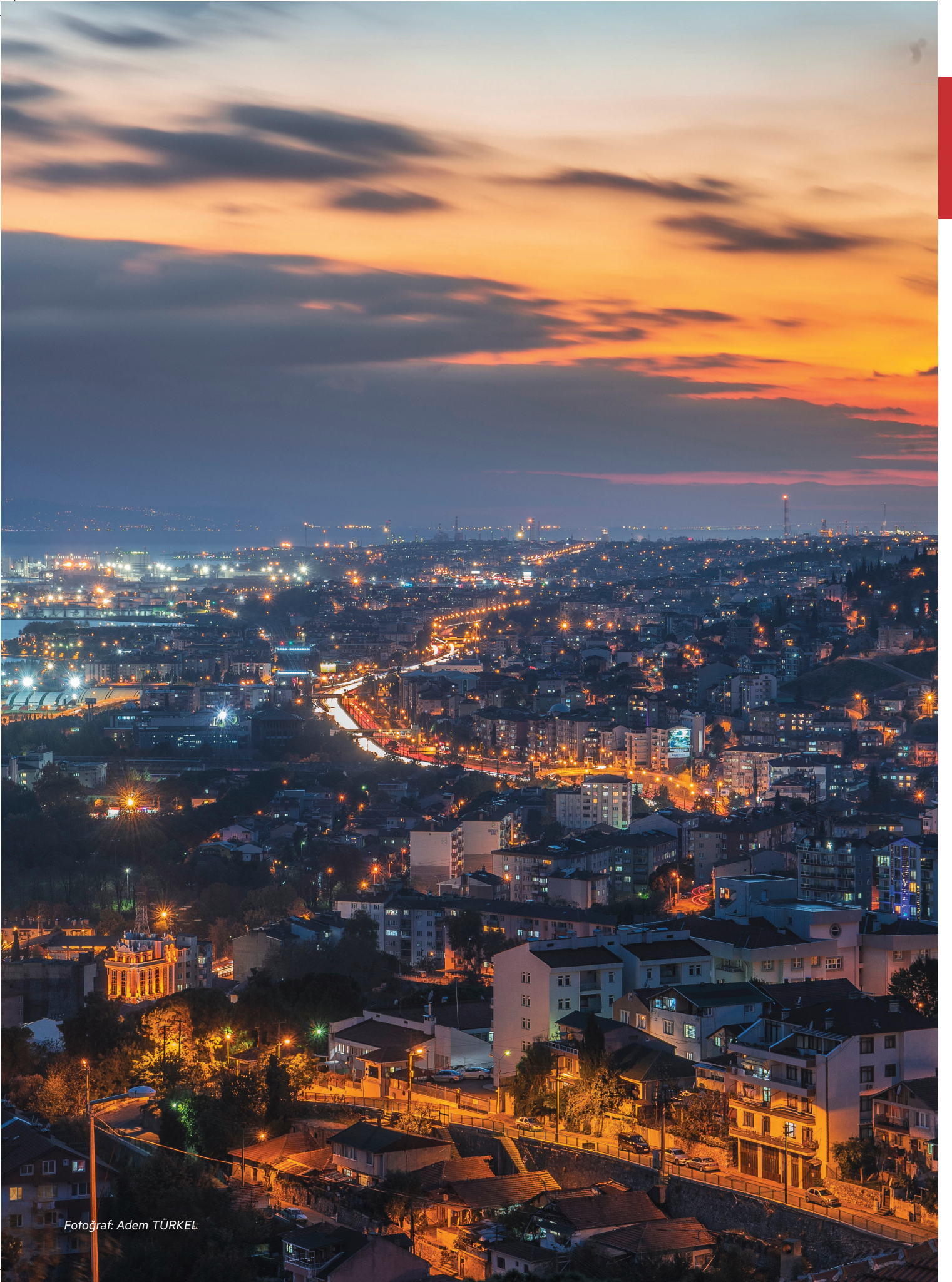
In January 2022, “Smart City Forum” led by Kocaeli Metropolitan Municipality has brought together all stakeholders from nationwide to create a common ground for the field. Within the scope of Smart City Forum, 7 focus groups titled as; “Smart City Applications in Local Governments”, “Data-Based City Management with e-Services”, “Smart Transportation Solutions”, “Smart Environment”, “Youth, Sports and Education in Smart Cities”, “Human-Oriented Smart Cities” and “Infrastructure and Disaster Management” were examined with 171 experts.

“Kocaeli Smart City Master Plan”, which is based on “Smart City Forum Final Report”, is planned to be published in a couple of months. In this process, comprehensive actions related to smart city projects, which prioritizes data sharing, have been carried out in Kocaeli.

As a complement to the intensive work carried out in Kocaeli, the second issue of Journal of Şura Akademi was designed as “Smart Cities” special issue.

In this issue, within the scope of Smart Cities, various subjects such as smart city applications in disaster management, transportation and smart environments were discussed in six valuable papers.

**Prof. Dr. Oğuzhan URHAN**



Fotoğraf: Adem TÜRKEL

# Şehirlerde Akıllı Çevre Uygulamaları

## Smart Environment Applications in Cities

### Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ

Gebze Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
e-posta: nbektas@gtu.edu.tr  
ORCID: 0000-0002-8257-9452

### Doç. Dr. Mehmet ÇETİN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Samsun, Türkiye  
e-posta: mehmet.cetin@omu.edu.tr  
ORCID: 0000-0002-8992-0289

## Öz

Akıllı şehir kavramı, yerel yönetimleri ilgilendiren sosyal, çevresel, ekonomik elementlerin bütünleşik olarak bilişim teknolojileri kullanılarak yönetilmeleri olarak tanımlanabilir. Hızlı kentleşmeden kaynaklanan sürdürülebilirlik sorunlarına çözüm olarak ortaya çıkan akıllı şehirler, büyük ölçüde ortak bir mülkiyet olan çevresel kaynakların verimli kullanılmasına olanak sağlayan önemli araçlardır. Bu çalışmada şehirler hakkında coğrafi veriler ve kentsel tasarım için gerekli olan mekânsal analiz fonksiyonlarını sağlayan coğrafi bilgi sistem uygulamalarının akıllı şehir planlamalarındaki önemi irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar, akıllı çevre uygulamalarını benimseyen şehir yönetimlerinin sunmuş olduğu hizmetlerin verimliliğinin arttığını ve kentin yaşam kalitesinin yükseldiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, akıllı şehir uygulamalarının çevresel ayak izinin daha düşük olduğu ve doğal kaynakların korunduğu sürdürülebilir yerel yönetim modellerinin oluşturulmasına katkı sağlayacağı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Şehir Yönetimi, Akıllı Çevre Bileşenleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri

## Abstract

The concept of smart city can be defined as the integrated management of social, environmental and economic elements of local governments using information technologies. Smart cities, which emerged as a solution to the sustainability problems arising from rapid urbanization, are important tools that enable the efficient use of environmental resources, which are largely a common property. In this study, the importance of geographic information system applications, which provide the spatial analysis functions required for urban design and geographical data about cities, in smart city planning has been examined. Studies show that the efficiency of the services provided by the city administrations, which adopt smart environmental practices, has increased and the quality of life of the city has increased. As a result, it is seen that smart city applications will contribute to the creation of sustainable local government models that have a lower environmental footprint and protect natural resources

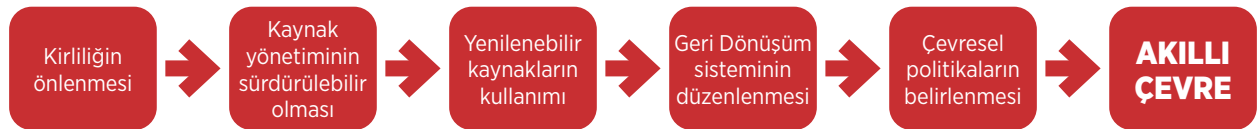
**Keywords:** Smart City Management, Smart Environment Components, Geographic Information Systems

## Giriş

Şehirler endüstriyel, ticaret, tarım ve yönetim gibi işler ile uğraşan toplulukların yaşadığı yerleşim merkezleri olarak tanımlanırlar. Nüfus artışı ile paralel şekilde teknoloji ve sanayideki hızlı gelişmeler, günümüz şehirlerinin niteliklerini ve yönetim anlayışlarını değiştirmiştir. Özellikle bilgisayar ve bilişim sektöründeki gelişmeler yerel yönetimlerde akıllı şehir kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Literatürde akıllı şehirlerin birçok tanımı bulunmaktadır (Schelin, 2003; Song ve ark. 2017). Genel olarak bilişim tabanlı çözümlerin belediye odaklı sorun çözümünde yer aldığı yaklaşımları benimseyen şehirler olarak tanımlanması kabul görmektedir (Visvizi ve Troisi, 2022). Akıllı ve sürdürülebilir şehir kavramı, bugünü yönetirken gelecek nesillerin ekonomik, sosyal, çevresel ve kültürel ihtiyaçlarının göz ardı edilmediği, şehircilik hizmetlerinde bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak yaşam kalitesinin artırıldığı ve sınırlı kaynakların da verimli kullanıldığı yenilikçi bir şehir anlayışıdır.”

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği (ÇŞİ) Bakanlığı “Akıllı Şehir” uygulamalarını, şehirlerin geleneksel olarak tercih ettikleri yöntemleri dönüştürmek için kullanılacak bir araç olarak tanımlamıştır (<https://www.akillisehirler.gov.tr/akilli-sehir-nedir>). Dolayısı ile akıllı şehir uygulamalarında, şehrin beklenti ve sorunları dijital planlama ile ele alınarak çözümlenmektedir. Bu nedenle akıllı şehirlerde tüm organizasyonel yapılar arası etkileşim sağlanarak bütünleşik yönetim ve hizmet verilmesi amaçlanmaktadır. Akıllı şehir uygulamaları için “Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Motivasyonlar” gibi farklı teşvik noktaları olabilmektedir (Song ve ark. 2017; Visvizi ve Troisi, 2022). Bu kavram aynı zamanda Birleşmiş Milletlerin 2030 yılına kadar yapılması planlanan Sürdürülebilir Kalkınma Gündeminin “Hedef 11 Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar” maddesindeki kentlerin ve diğer insan yerleşimlerinin kapsayıcı, güvenli, dirençli ve sürdürülebilir kılınması amacının gerçekleşmesine de yardımcı olacaktır (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>).

Akıllı şehir bileşenlerinden biri olan “Akıllı Çevre Uygulamaları” dijital ve bilgi teknolojilerinin kullanılarak çevresel kalitenin iyileştirilmesi, iklim değişikliği ile mücadele, doğal varlıkların korunması ile çevre ve doğanın sürdürülebilirliği için şehir yönetiminde yapılacak birtakım iyileştirmeleri kapsamaktadır. Akıllı çevre uygulamaları ile yaşam alanlarında hava, su, toprak ve gürültü kirliliğinin azaltılması hedeflenmektedir. Ayrıca ulaşım ve enerji sistemlerinin verimliliğinin artırılmasına katkı sağlayarak şehir ekonomisinin gelişmesine ve hizmet verimliliğinin artması ile de şehirlerin rekabet kapasitesinin genişlemesine katkı sağlamaktadır. Şekil 1’de akıllı çevre yönetimi konseptinde yapılacak bazı uygulamalar verilmiştir.



Şekil 1. Akıllı Çevre Bileşenleri

Bu çalışma kapsamında akıllı şehir çevre uygulamalarının üzerindeki süreçler, coğrafi bilgi sistemlerinin akıllı şehir yönetimindeki yeri irdelenecektir. Bu kapsamda akıllı şehirler ile ilgili Kocaeli ili özelinde yapılabilecek temel çalışmalar, akıllı yönetim ve dijital işlemleri içeren çevre uygulamaları ile daha yaşanabilir çevre ve iklim değişikliği gibi çevre sorunlarına dirençli şehir oluşturulmasının önemi ortaya konulmaya çalışılacaktır.

## CBS Temelli Akıllı Yönetim Bileşenleri

Şehirler, bilgi yeniliği ve kültürel çeşitlilik açısından güçlü birimlerdir. Bununla birlikte, gıda, su ve enerji gibi dış unsurlara temel girdi bağımlılığı nedeniyle şehirler aynı zamanda kırılgan olabilir. Bunlar üzerinde olumsuz etkileri olan herhangi bir doğal veya insan kaynaklı afet, kentsel sağlığı daha da etkileyebilir. Bu nedenle, risk ve dayanıklılık yönetimi, akademik ve devlet sektörlerinin odak noktası olmuştur. Risk yönetimi normalde erken uyarı, müdahale, iyileştirme ve azaltmayı içerir. Şehirlerin dayanıklılığını artırmak ve çok çeşitli doğal ve insan yapımı risklere karşı kırılganlıklarını azaltmak, jeo-uzamsal veri tabanlarına ve teknolojilere dayalı her bir bileşen için çözümlere ihtiyaç duyar (National Research Council, 2007).

Muhtemel felaketlere hazırlanırken, etkili kurtarma çalışmalarında malzeme dağıtımı ve temini için saha seçimi çok önemlidir. Indriasari ve ark. (2010), bir acil durum tesisi uygulamasında seyahat zaman dilimleri olarak hizmet alanları oluşturmak için CBS 'den yararlanarak yer seçimi süreçlerinin nasıl geliştirileceğini araştırmışlardır. Topografya gibi doğal engelleri içeren daha karmaşık ve gerçekçi bir model de yoğunlaştırılmış daire analizi ile geleneksel tesis yerleşim modellerini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Optimizasyon ve bulutsal algoritmalar ise belirli sayıda tesisten maksimum hizmet alanı elde etmede işlev çözme süreçlerinde yer alan problem boyutunu azaltmak için tasarlanmaktadır.

Yapılan çalışmalar tehlike müdahale dönemleriyle ilgili harita tabanlı çevrimiçi iletişim kurulumu ve olayların konum bilgileri hakkında bilgi vermek için Web 2.0 etkileşimli internet web sitelerinin kullanılabilirliğini göstermektedir. Örneğin, Liu ve Palen (2010), tehlikeleri ve felaketleri haritalamak için farklı temel yaklaşımlar kullanan dokuz kriz üzerine nitel bir araştırma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında haritalama krizlerinin ortaya çıkan neo-coğrafi uygulamaları, çeşitli koşullar ve orijinal veri kümesi açısından üretim yöntemleri ile ilgili olarak bir araştırma ortaya koymuşlardır.

Son zamanlarda yapılan araştırmalar, profesyonel ve katılımcı toplulukların iş birliğinin bazı koşullar altında daha etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Neo-haritanın, geniş bir bilgi yelpazesi toplamak için acil durum müdahale uzmanlarının yanı sıra aşamalı olarak profesyonel beceriler kazanmış topluluklardan da fayda sağlayabileceği görülmektedir (Shekhar ve ark., 2012). Coğrafi bilgi bilimindeki araştırmanın birleştirici bir güç olduğu yaygın olarak kabul edilmiştir (Goodchild, 1992).

CBS disiplinler arası bir yapıya sahip olup, haritacılık, coğrafya, bilgisayar bilimi ve sosyolojiden gelen fikirleri birleştirir. Ancak uygulamalara bakıldığında şehirlerin çeşitli yönlerindeki CBS uygulamaları parçalı ve farklı özelliklere sahiptir. Kentleşmenin hızlı gelişimi ve akıllı şehirlerin uygulanmasıyla birlikte, disiplinler arası bir kentsel CBS'nin teorik gelişimi ve teknik yeniliği, derinlemesine CBS uygulamalarını ilerletmek için baskı oluşmuştur. Çevresel disiplinlerde tipik olarak şehir planlama ve bilgisayar bilimlerinin bilgi birikimi, CBS'nin bilgi birikiminden çok daha fazla olmaktadır. Ancak,

kentsel alanlarda meydana gelen stok dönüşümleri ve bilgi akışlarını mekânsal olarak etkinleştirilen bir düşünce tarzıyla dikkate alındığında, CBS akıllı şehirlerde birçok avantaj ve olanaklara sahiptir. Böylece kentsel CBS, ilgili nicel planlama modellerini özümseyebilmekte ve vatandaş bilimi bağlamında veri ve bilgi işlem yeteneklerine sahip ortak bir altyapı üzerinde genel halkı kentsel modelleme ve planlama süreçlerine dahil edebilmektedir. Böylece kentsel CBS, şehir planlamacılar, politika yapımcılar ve genel halk için bütünsel kentsel süreçleri anlamak, bunlara katılmak ve etkilemek için ideal bir platform olmuştur (Foth ve ark., 2009, Devisch 2008).

Akıllı şehir uygulamaları, CBS kitle kaynaklı veri toplama ve paylaşımına dayanmaktadır. Gerçek zamanlı ve çeşitli CBS türlerinden yararlanabilen akıllı şehirlerde kamu kullanıcıları, kişisel karar vermede daha fazla özgürlük kazanarak daha aktif hale gelmektedir. Aynı zamanda bu çalışmalar konu ile ilgili sanal topluluklara da katkıda bulunabilmektedir. Günümüzde sayısal veri aracılığıyla toplanan birçok coğrafi etiketli veri arasında birlikte çalışabilirliği uygulamak için baskı bulunmaktadır. Çoğu ulusal haritalama kuruluşundaki klasik haritalama uygulamaları, ölçekler, katmanlar ve doğruluklar için iyi tanımlanmış standartlar oluşturmuştur. Bununla birlikte, tanımlanmamış çok daha fazla coğrafi özellik olduğundan, bu geleneksel haritalar kent sakinlerinin artan ihtiyaçlarını karşılayamaz konuma gelmektedir. Fotogrametri ve uzaktan algılamadaki hızlı gelişen teknolojiler, yüksek doğrulukta 3B (Üç Boyut) jeo-uzamsal verilerin (Gruen 2007; Gruen 2013) elde edilmesi için olanaklar sağlamaktadır. Ancak yine de maliyet, uzmanlık, güncelleme sıklığı ve kentsel alanın tam kapsamasının sağlanması gibi nedenlere bağlı olarak uygulamada sınırlar yaşanmaktadır. İlgili çalışmalarda bir kritik konu da, bu teknolojilerin yalnızca coğrafi özelliklerin parçaları için kabul geometri ve şematik bilgileri çıkarabilmesidir.

Coğrafi kodlama hizmetlerinde, görüntülerden tanımlanan posta kodları binalar ve yön panoları gibi herhangi bir ortak özellik ile ilişkilendirilerek, kitle kaynaklı bilgi ve coğrafi referans veri tabanlarının birleştirilmesi sonucu zengin bir veri sunumu sağlanabilecektir. Doğal dillere ve niteliksel açıklamalara dayalı coğrafi sorgulama ve uzamsal bulanık muhakeme işlemi, jeo-uzamsal veri tabanının bol miktarda çevrimiçi bilgiyle neredeyse gerçek zamanlı bir moda güncellenmesini sağlamak için de gereklidir. Akıllı kent yönetiminde yukarıdaki konuların yanı sıra, kullanıcı tarafından oluşturulan içeriğin belirsizliklerinin nasıl modelleneceği ve farklı CBS topluluklarından kitle kaynaklı verilerin nasıl kullanılacağı da araştırılmalıdır.

Akıllı şehirlerdeki bulut bilgi işlem modelleri, ağ üzerinden sunulan hizmetler olarak bilgi işlem altyapısını güçlendirmekte ve platform ile yazılım kaynaklarına erişim için kullanıcı ayrıcalığı sağlamaktadır. Bilgi işlem gücü ölçeklenebilirliği ve web erişilebilirliği ile karakterize edilmektedir. Bulut bilgi işlem, bir çok kuruluşta güçlü ihtiyaçlar olmadan CBS'yi genişletmek için bir ortam ve fırsat sağlamasına karşın, CBS yüksek çalışma verimliliği nedeniyle akıllı şehir uygulamalarında daha iyi çözümler sunmaktadır (Yang ve ark. 2010). Web analitiği, normal kullanıcıların yüksek performanslı bilgi işleme erişimi için kolay ve kullanıcı dostu bir bulut bilgi işlem

arabirimi sağlar. Ballon ve ark. (2011), akıllı şehirlerde vatandaşlara ve ziyaretçilere akıllı hizmetler sağlamak için bir bulut bilişim ortamının bir ön koşul olduğunu belirtmektedir. Bunu başarmak için kullanıcı ayrıcalık kontrolü, standart çevrimiçi hizmetler, web tabanlı uygulamalar ve veri güncelleme mekanizmalarını içeren ortak bir veri portalı, meta veri tabanı ve jeo-uzamsal veri katalogları kaçınılmaz bir gerekliliktir. İlk aşamada, coğrafi veri ve hizmetlerin meta veri yapısı, çeşitli kullanıcılara kullanılabilirliği ve erişilebilirliği göstermek için sağlanır. Sonrasında, kullanıcılar, yalnızca veri indirme veya birleştirme işleminden farklı olarak doğrudan veri tabanında çalışmak için belirli izinlere dahil edilir ve yetkilendirilir. Son olarak, analiz sonuçları, iyileştirme, birleştirme ve diğer sonuçlarla birleştirme için veri tabanlarına geri gönderilmelidir.

## Kent Yönetiminde Akıllı Çevre Uygulamaları

Günümüzde her gün artan atıkların düzenli yönetilmemesi çevreye zararlı olabildiği gibi, insanlar üzerinde çeşitli sağlık sorunlarına ve ekosistemde bulunan diğer canlılara ve ekolojik döngüyü de etkileyebilir. Uygun olmayan şekilde yönetilen atıklar şehir yönetimine ekonomik olarak da zarar verebilmektedir.

Dolayısıyla atıkların, akıllı çözümler altında finansal, sosyal ve ekolojik yönden değerlendirilerek yönetildiği akıllı çevre uygulamaların kullanıldığı kent yönetimlerinin çevre ve insana kısa ve uzun vadede belirtilen boyutlarda önemli katkıları bulunmaktadır (Şekil 2). Sonuç olarak dünya genelinde teknoloji ve endüstrinin gelişmesi ile insanların nüfusunun artıp şehir yaşamına kaydığı bir eğilimde atıkları doğru yönetilme faaliyeti, belediyelerin çözüme kavuşturması gereken önemli başlıklardan bir tanesidir (Tomar ve Kaur, 2019). Kent yönetimlerin bu sorunları çözüme kavuşturmalarında birçok

paydaş ile birlikte halk desteği önemli olmaktadır.

Akıllı çevre yönetimi, kullanılacak teknolojiler ile tüm planlamaların ve planlamada görev alacakların doğru şekilde yapılandırılması gerektirir. Bu yapılandırma ile oluşturulan akıllı teknolojiler, politika ve insan gücü daha kısa sürede, düşük maliyetle ve hızlı kâra dönüştürebilen yatırımlarla şehirlerde çevresel yönetim gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Böylece akıllı şehir uygulamalarının günümüzdeki en önemli çevre sorunlarından olan küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltıcı yönde katkısının da olacağı görülmektedir (Saravanan ve Sakthinathan, 2021).

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi 2020-2024 dönemi stratejik planında adaletten, verimlilikten ve yaşam kalitesinden ödün vermeksizin kent insanını, çevresini ve toplumsal değerlerini ekonomik zenginlikle buluşturan hizmetleri sunmak misyonunu ortaya koymuş ve bu amaç doğrultusunda şehri yaşam kalitesiyle imrenilecek, yaşamaktan mutluluk ve gelecek nesillere devretmekten gurur duyulacak, dünyaca tanınan bir körfez şehrine dönüştüren, model bir belediye olmak hedefini kendine vizyon olarak edinmektedir (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi 2020-2024 Stratejik Planı). Bu bağlamda yaşanabilir ve korunmuş bir çevre için yoğun bir endüstriyel bölge olan Kocaeli için akıllı çevre uygulamalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Belediye yönetiminin önemli hizmet birimlerinden olan çevresel altyapı tesislerinde enerjideki kayıp kaçakların önlenmesi ile verimliliğin artırılması, yenilenebilir enerji kullanımı, atık yönetimi ve kontrol hizmetleri ile doğal ve yeşil alanların akıllı şekilde yönetilmeleri için tüm yönetim bileşenlerini içine alan bir akıllı çevre yönetim planı oluşturulması gerekmektedir. Bu hedef doğrultusunda Kocaeli ili için "Potansiyeller ve Sorunlar" Şekil 3'te verilmiştir (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi 2020-2024 Stratejik Planı).



Şekil 2. Kent Yönetiminde akıllı çevre uygulamaları.



Şekil 3. Kocaeli akıllı şehir yönetim için sorunlar ve fırsatlar.

Kocaeli gibi çevresel faktörlerin yoğun olduğu şehirlerde “Akıllı şehirler için çevre indikatörleri” kullanılarak proje çağrı konularının belirlenmesi akıllı çevre uygulamalarını yaygınlaştırmada büyük fayda sağlayacaktır. Proje çağrısı ve/veya yarışması gibi etkinliklerin gerçekleştirilmesi konu ile ilgili farklı görüşlerin belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Akıllı çevre uygulamalarının şehirlerdeki atık yönetim seçeneklerinin karlılık oranlarının belirlendiği fizibilite raporlarının hazırlanmasında önemli bir katkısı bulunmaktadır. Örneğin geri dönüşüm oranlarının artırılmasına yönelik gerçekleştirilecek ikili toplama sisteminin akıllı rota ve konteyner doluluk sensörleri kullanımıyla ekonomiye katkısı yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Ayrıca akıllı atık yönetimi konusunda çalışacak öğrenciler ve genç girişimciler için bitirme projesi destekleri verilmesi akıllı uygulamaların başarılı şekilde yürütülmesini sağlayacak donanımlı uzmanların yetişmesine katkı sağlayacaktır. Akıllı şehirlerde atık yönetimi çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve enerji konusunda verimlilik elde edilmesi ile doğrusal bir ekonomiden döngüsel bir ekonomiye geçiş yapılması anlamına gelmez. Sonuçta atıklar akıllı yönetildiğinde bir harcama kalemi olarak değil, kentsel yaşam kalitesini iyileştirme fırsatı olarak karşımıza çıkabilmektedir. Akademik ve endüstriyel araştırma topluluklarının kilit konuları ve odak noktaları, dijital şehirlerden akıllı şehirlere geçiş en az 3 tipik değişim ile kademeli olarak gerçekleşmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistem uygulamalarının atık yönetiminde kullanımları son yıllarda yaygın olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır. Akıllı

uygulama çalışmalarında başlangıçta doğru 3B jeo-uzamsal verilerin olmaması ve GIS’in profesyonel iş akışına daha az kolay entegrasyonu gibi sorunlar bulunmaktaydı. Ancak uzaktan algılama ve fotogrametrimin teknik olgunluğuyla bu sorunların aşılması, ham verilerden yararlı ve ilginç bilgilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örnek olarak, belediye yönetimi sorumluluğunda olan kentsel peyzajların hızlı dönüşümünü daha iyi izlemek için kullanılan sensörler tarafından toplanan görüntüler, neredeyse gerçek zamanlı kitle kaynaklı bilgiler sağlayabilmektedir. Bu konudaki ikinci büyük değişim de merkezi portaldan vatandaşlara ve kullanıcılara yönlendirilen tek yönlü bilgi akışlarından, sosyal medya ve mobil bilgi işlem cihazları tarafından sağlanan çok yönlü akışlara geçiş şeklinde olmuştur (Elwood ve ark 2012). Bu jeo-uzamsal veri paylaşımı, akıllı şehir yönetiminde giderek daha fazla vatandaşla ulaşılabileceğini göstermektedir.

CBS’nin akıllı şehirlere entegrasyonu ile ilgili diğer tipik değişim ise mekânsal analiz için araç kutularından kentsel modellemeye ve kentsel simülasyona geçiş olmuştur. Kentsel nüfus patlaması, arazi kullanımı ve iklim değişiklikleri ve buna bağlı riskler gibi acil zorluklarla karşı karşıya olduğu aşamada, akıllı şehir planlamasının bütüncül bir simülasyonun yapılması da akıllı çevre uygulamaları için gereklidir. Bu amaçla, 3B jeo-uzamsal verileri, jeo-demografik verileri, dinamik CBS’yi ve önemli kentsel olayları algılamayı içeren kapsamlı veri tabanları oluşturulmalıdır (Goodchild ve ark 2007).



## Sonuç

Dünya genelinde şehir nüfusunun hızlı arttığı kent merkezlerinde, diğer yönetim başlıkları gibi atıkların da doğru ve akıllı yönetilme faaliyeti, yerel yönetimlerde çözülmesi gereken önemli başlıklardan bir tanesidir. Akıllı atık yönetimi, kullanılacak teknolojilerin yanında doğru planlamayı ve planlamada görev alacakları doğru yönlendirmeyi gerektirir. Bu çalışmada akıllı çevre uygulamalarının çerçevesi genel hatları ile çizilmiş ve CBS tabanlı bazı uygulamalar ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak CBS'nin şehir yönetimini daha verimli hale dönüştürmede önemli bir platform olduğu görülmektedir.

## Kaynakça

- Anna Visvizi, Orlando Troisi, *Managing Smart Cities: Sustainability and Resilience Through Effective Management*, Springer International Publishing, 2022
- Ballon, P., Glidden, J., Kranas, P., Menychtas, A., Ruston, S., & Van Der Graaf, S. (2011, October). Is there a need for a cloud platform for european smart cities. In *eChallenges e-2011 Conference Proceedings*, IIMC International Information Management Corporation (pp. 1-7).
- Devisch, O. (2008). Should planners start playing computer games? Arguments from SimCity and Second Life. *Planning Theory & Practice*, 9(2), 209-226.
- Elwood, S., Goodchild, M. F., & Sui, D. Z. (2012). Researching volunteered geographic information: Spatial data, geographic research, and new social practice. *Annals of the Association of American Geographers*, 102(3), 571-590.
- Foth, M., Bajracharya, B., Brown, R., & Hearn, G. (2009). The Second Life of urban planning? Using NeoGeography tools for community engagement. *Journal of location based services*, 3(2), 97-117.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International journal of geographical information systems*, 6(1), 31-45.
- Goodchild, M. F., Yuan, M., & Cova, T. J. (2007). Towards a general theory of geographic representation in GIS. *International journal of geographical information science*, 21(3), 239-260.
- Gruen, A. (2007). Building extraction from aerial imagery. In *Remote sensing of impervious surfaces* (pp. 297-324). CRC Press.
- Gruen, A. (2013). Next generation smart cities-the role of geomatics. *Glob. Geospatial Inf*, 25-41.
- Houbing Song, Ravi Srinivasan, Tamim Sookoor, Sabina Jeschke, *Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications*, John Wiley & Sons, 2017
- <https://www.akillisehirler.gov.tr/akilli-sehir-nedir/>
- <https://www.kocaeli.bel.tr/webfiles/userfiles/files/plan-raporlar/Kocaeli%20B%C3%BCy%C3%BCk%C5%9Fehir%20Belediyesi%202020-2024%20Stratejik%20Plani.pdf>
- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- Indriasari, V., Mahmud, A. R., Ahmad, N., & Shariff, A. R. M. (2010). Maximal service area problem for optimal siting of emergency facilities. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(2), 213-230.
- K. Saravanan, G. Sakthinathan, *Handbook of Green Engineering Technologies for Sustainable Smart Cities*, CRC Press, 2021
- Liu, S. B., & Palen, L. (2010). The new cartographers: Crisis map mashups and the emergence of neogeographic practice. *Cartography and Geographic Information Science*, 37(1), 69-90.
- National Research Council (2007). *Successful Response Starts with a Map: Improving Geospatial Support for Disaster Management*; The National Academies Press: Washington, DC, 2007.
- Pradeep Tomar, Gurjit Kaur, *Green and Smart Technologies for Smart Cities*, CRC Press, 2019
- Schelin, S. H. (2003). "E-Government: An Overview". *Public Information Technology: Policy and Management Issues*. Ed: Garson, D. G. Hershey, PA: Idea Group Publishing
- Shekhar, S., Yang, K., Gunturi, V. M., Manikonda, L., Oliver, D., Zhou, X., ... & Lu, Q. (2012). Experiences with evacuation route planning algorithms. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(12), 2253-2265.
- Yang, C., Raskin, R., Goodchild, M., & Gahegan, M. (2010). Geospatial cyberinfrastructure: past, present and future. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(4), 264-277.





# Veriye Dayalı Akıllı Şehir Oluşturmada Teknoloji Trendleri Technology Trends in Building a Data-Driven Smart City

## Prof. Dr. Oğuzhan URHAN

Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
e-posta: urhano@kocaeli.edu.tr  
ORCID: 0000-0002-0352-1560

## Prof. Dr. Mehmet Kemal GÜLLÜ

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye  
e-posta: kemal.gullu@bakircay.edu.tr  
ORCID: 0000-0003-2310-2985

## Öz

Bu çalışmada gelişen teknoloji ile son 20 yıldır uygulamaları her geçen gün artan akıllı şehir kavramı bütüncül olarak değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, öncelikle akıllı şehir tanımı üzerinden başlanarak, bu kapsama dâhil ihtiyaç irdelenmiştir. Bu amaçla kullanılacak teknolojiler ile bunların olası kullanım senaryoları ele alınmıştır. Son olarak, gerek ülkemizde gerekse yurt dışında gerçekleştirilen akıllı şehir uygulamaları değerlendirilerek, veriye dayalı şehir yönetimi ve bu uygulamaların etkinliğinin artırılması için önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Şehir, Nesnelerin İnterneti, Yapay Zeka, Veri Analitiği, Büyük Veri.

## Abstract

*In this study, the concept of smart city, whose applications have been increasing day by day in the last 20 years with the developing technology, has been assessed in a comprehensive way. In this framework, starting from the definition of smart city, the need for this scope has been examined. Technologies that can be used for this purpose and their possible usage scenarios are discussed. Finally, by evaluating smart city applications in our country and abroad, suggestions have been made for data-based city management and increasing the efficiency of these applications.*

**Keywords:** Smart City, Internet of Things, Artificial Intelligence, Data Analytics, Big Data.

## Akıllı Şehir Kavramı

Dünya nüfusunun genel değişimi ele alındığında 1960'lar itibarıyla yaklaşık olarak şehirlerde yaşayan 1 milyar insana karşın kırsalda 2 milyar insan yaşarken, 2007 yılına geldiğimizde şehirlerde yaşayan insan sayısı 3,35 milyara ulaşarak, kırsalda yaşayan 3,33 milyar insan sayısını geçmiştir. 2007 yılı sonrasında ise kırsalda yaşayan nüfusta önemli bir artış olmazken, şehirlerde yaşayan nüfusta hızlı bir artış gerçekleşmiş olup, günümüzde 4,5 milyara yakın insanın şehirlerde yaşadığı tahmin edilmektedir. 2050 yılı için ise dünya nüfusunun %70'inin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir.

Özellikle geçtiğimiz 40 yılda ivme kaybetmeden artan hızlı şehirleşme birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Plansız büyüyen şehirlerde alt yapı, eğitim, sağlık hizmetleri dahil olmak üzere birçok alanda büyük sorunlar yaşanmaya başlanmıştır. Bu düzensiz ve plansız büyüme bazı ek tehditleri de beraberinde getirmiştir. Şehir yaşamından beklentilerin sonuçlarından tüketimdeki artış ve kontrolsüz sanayileşme ile etkisi artan küresel ısınmanın da etkisiyle sel, yangın ve benzeri doğal afetlerin yoğun nüfus içeren şehirleri daha büyük ölçekte etkileyeceği öngörülmektedir. Yani, şehirleşme beraberinde yeni tehditler oluştururken, mevcut tehditlerin etkisinde artışa da neden olmak gibi olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Bu noktada şehirlerin gelişen teknolojileri kullanarak yukarıda bahsedilen sorunlara çözüm sağlama potansiyeline sahip ve şehir yaşamını

iyileştiren ve kolaylaştıran uygulamalar ortaya koyması genel olarak "akıllı şehir" kavramı altında ele alınmaktadır.

Akıllı şehir kavramının literatürde birçok farklı tanımı olmakla birlikte, bu kavramı en genel haliyle bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak nesnelerin İnternet (Internet of Things - IoT) konsepti ile şehrin farklı kaynaklarından toplanan verilerin akıllı teknikler ile işlenmesi ve analiz edilmesi yoluyla şehir günlük işleyişinin optimize edilerek, şehir sakinlerinin verilen hizmetlerden daha etkin şekilde yararlanması olarak ele almak mümkündür. Akıllı şehir uygulamaları bu çerçevede temel olarak hizmetlerin verimliliğinin artırılması, maliyetlerinin ve kaynak tüketiminin düşürülmesi gibi sonuçlara ulaşmayı hedefler (Gülsoy ve diğerleri, 2021).

Akıllı şehirler için yurt dışında Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) ve Avrupa Birliği (AB), ülkemizde ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (ÇŞİDB) getirdiği çeşitli tanımlar mevcuttur. Bu tanımlar Tablo 1'de listelenmiştir. Bu tanımlar irdelendiğinde "akıllı şehir" kavramının temel olarak şehirdeki yaşam kalitesinin yükseltilmesi, verimliliğin artırılması ve şehrin günlük sorunlarına etkin çözümler üretilmesi için güncel teknolojilerin kullanıldığı bir model olarak ele almak mümkündür.

**Tablo 1.** Farklı Kurumların Akıllı Şehir Tanımları

KURUM	TANIM
ISO	Şehrin planlamasını, yönetimini, inşasını, akıllı hizmetleri kolaylaştıracak "nesnelerin interneti", "bulut bilişim", "büyük veri" ve "entegre coğrafi bilgi sistemleri" gibi yeni nesil bilgi iletişim teknolojilerinin uygulandığı yeni bir kavram ve yeni bir model
ITU	Mevcut ve gelecek nesillerin ekonomik, sosyal, çevresel ve kültürel ihtiyaçlarını gözetirken, yaşam kalitesini, şehircilik hizmet sunumunun verimliliğini, rekabet gücünü artırmak için bilgi ve iletişim teknolojilerinin yanı sıra diğer araçları da kullanan yenilikçi bir şehir
AB	Akıllı şehir, geleneksel ağ ve hizmetlerin dijital çözümler kullanılarak şehirde yaşayanlar ve işletmelerin faydası için daha verimli hale getirilmesi
ÇŞİDB	Paydaşlar arası iş birliğiyle hayata geçirilen, yeni teknolojileri ve yenilikçi yaklaşımları kullanan, veri ve uzmanlığa dayalı olarak gerekçelendirilen, gelecekteki problem ve ihtiyaçları öngörerek hayata değer katan çözümler üreten, daha yaşanabilir ve sürdürülebilir şehir

ÇŞİDB tarafından yayımlanan “2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı”nda akıllı şehirler 17 alt bileşenden oluşacak şekilde ele alınmaktadır. Avrupa Birliği tarafından ise konu

- Akıllı İnsan (Smart People)
- Akıllı Ekonomi (Smart Economy)
- Akıllı Çevre (Smart Environment)
- Akıllı Yönetim (Smart Government)
- Akıllı Yaşam (Smart Living)
- Akıllı Hareketlilik (Smart Mobility)

olarak 6 ana başlıkla ele alınmaktadır. Akıllı insan kavramı ile temel olarak hedeflenen nitelikli, sosyal ve etnik çoğulcu, açık görüşlü, yaratıcı ve ortam yaşama katkı sağlayan bireylerin ortaya çıkarılmasıdır. Akıllı ekonomi verimlilik, girişimcilik, yenilikçi ruh gibi bileşenlerle birlikte iş gücünün esnekliği ve dönüşebilirliği gibi konuları kapsamaktadır. Akıllı çevre kapsamında kirlilik, çevrenin korunması ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi incelenmektedir. Akıllı yönetim, karar alma süreçlerine halkın etkin katılımı ve şeffaf yönetimi temel almaktadır. Akıllı yaşam kapsamında kültürel tesisler, yaşam koşulları, bireysel güvenlik, barınma kalitesi, eğitim alt yapısı, sosyal dayanışma ve turistik çekicilik ön plandadır. Akıllı hareketlilik ise temelde yerel erişilebilirlik, ülke ve uluslararası açımdan erişilebilirlik, bilgi ve iletişim teknolojilerinin niteliği ve erişilebilirliği ve sürdürülebilir, yenilikçi ve güvenlik ulaşım sistemleri gibi başlıkları hedeflemektedir (TUWIEN, 2015). Yukarıda ele alınan 6 bileşenin hepsinde teknolojinin etkin kullanımının önemli faydalar sağlayacağı açıktır. Bu kapsamda makalenin ikinci bölümü güncel teknoloji trendlerine ayrılmıştır.

## Teknoloji Trendleri

Farklı organizasyonlarca (Dünya Ekonomik Forumu, McKisney, Gartner, Deloitte vb.) dünyada genel teknoloji trendleri yıllık olarak analiz edilmektedir. Bu analizler çoğunlukla oldukça genel bir kapsama sahiptir. Bu makalede farklı olarak, akıllı şehirler konsepti kapsamına girdiği değerlendirilen teknoloji trendleri ele alınmıştır.

### Yapay Zeka (Artificial Intelligence - AI) ve Makine Öğrenmesi (Machine Learning - ML)

Yapay zeka en genel tanımı ile akıllı makineler oluşturmak için gerçekleştirilen mühendislik çalışmaları olarak ele alınabilir. Bu kapsamda temel amaç zeki insan davranışını taklit edebilecek sistemler ortaya çıkarmaktır. Yapay zekanın günümüzdeki uygulamaları çok spesifik problemlerin insan performansında çözümüne odaklanmış olup bu alt alan dar-alan yapay zeka (Narrow AI) olarak da isimlendirilmektedir. Bu alanda çalışan araştırmacıların en önemli hedeflerinden olan ve herhangi bir entelektüel görevi insanlarla benzer performansta gerçekleştirilmesi ise genel yapay zeka (Artificial General

Intelligence-AGI) kavramı altında ele alınmaktadır.

Yapay zekanın bir alt alanı olan makine öğrenmesi ise temelde bir verideki örüntüyü analiz etmek, anlamak ve tespit etmeyi hedefler. Böylelikle insanlar için çok yorucu, yüksek maliyetli veya imkansız olabilecek görevlerin gerçekleştirilmesi mümkün hale gelmektedir. Makine öğrenmesi tekniklerinin bir problem için giriş verisi ile hedeflenen çıkış arasındaki ilişkiyi kurmaya/bulmaya çalıştığını söylemek doğru olacaktır.

### Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT)

Nesnelerin interneti temel olarak fiziksel dünyadaki farklı özellikteki ekipmanların (nesnelerin) üzerinde ya da içine konumlandırılacak gömülü donanımlar aracılığı ile algılayıcı (sensor) ve eyleyiciler (actuator) gibi birimleri kullanarak gerçek dünyadan veri toplamasını veya bu dünyaya fiziksel geri bildirimler iletilmesini ve bunları çeşitli kablolu ve kablosuz haberleşme protokolleri ile bir merkeze aktarması ile elde edilen veriler üzerinde çeşitli operasyonların etkin şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bir konsept olarak ele alınabilir. Nesnelerin interneti temel olarak bilgisayar dışındaki ekipmanların İnternete bağlanması ve veri aktarması üzerine kurgulanmıştır. Buradaki ekipman buzdolabı gibi bir ev eşyası olabileceği gibi, bir ortamın hava kalitesini takip etmeyi amaçlayan bir sensor sistemi de olabilir. Nesnelerin interneti kapsamında temel hedef düşük maliyetli ekipmanlar ile belirli verileri sahadan toplamak ve bunlar üzerinden operasyonel verimliliği çeşitli kararlar verebilmektir.

### Uçta Hesaplama (Edge Computing)

Geçtiğimiz on yılda bulutta hesaplama (cloud computing) yaklaşımı sağladığı birçok avantaj nedeniyle farklı uygulamalarda tercih edilen bir yaklaşım olarak ön plana çıkmıştır. Öte yandan üzerine işlem yapılacak verilerin sürekli olarak bir merkeze aktarılması beraberinde birçok sorunu birlikte getirmektedir. Bunların en başında ölçüm yapılan noktada haberleşme alt yapısının hiç olmaması veya yeterli hızda olmaması nedeniyle yaşanan sorunlardır. Ayrıca kısa sürede karar verilmesi gereken bazı durumlarda, ölçülen verinin merkezi bir noktaya iletilmesi ve orada işlenerek kararın geri döndürülmesi sırasında ortaya çıkan zaman kaybı, bulutta veri işlemeyi zorlaştırmaktadır. Bir diğer nokta ise kişisel verilerin korunması kapsamında alınan çeşitli verilerin bir merkeze iletilmesi aşamasında çıkabilecek olası güvenlik sorunlarıdır.

Bulutta veri işlemenin bu dezavantajları ve gelişen teknoloji uçta hesaplamayı önemli bir alternatif olarak ön plana çıkarmıştır. Uçta hesaplamada temel hedef verinin üretildiği noktada işlenerek analamlandırılması ve gerekli aksiyonun ekipmanın bulunduğu yerde (uçta) alınmasıdır. Gerekliyse uçta yapılan işlemlerin sadece sonuçlarının merkezi bir noktaya iletilmesi de söz konusudur. Bu çerçevede aslında uçta konumlandırılan gömülü sistemlerin sadece veri ölçüp merkeze aktaran bir işlev yerine ölçülen veriyi işlemesi de söz konusu olmaktadır. Bu durum, uçta kullanılan işlem birimlerinin yeteneklerinin daha yüksek olmasını gerektirmektedir. Günümüzdeki oldukça düşük maliyetlerle üzerinde Linux gibi

işletim sistemleri çalıştırılabilen çok çekirdekli gömülü işlem birimlerini temin etmek mümkün hale gelmiştir. Buna bağlı olarak düşen işlem birimi maliyetleri, uçta hesaplamayı yaygın şekilde kullanılabilir hale getirmiştir.

### **Algılayıcı Teknolojileri (Sensor Technologies)**

Yukarıda açıklanan nesnelere İnterneti konspeti temel olarak farklı fiziksel büyüklüklerin ölçülerek bir noktaya iletilmesi mantığına dayanmaktadır. Benzer şekilde uçta hesaplama birimleri de gerçek dünyaya ilişkin çeşitli büyüklüklerin ölçülmesi sonucu elde edilen verileri işleyerek karar verebilirler. Bu verilerin daha yetenekli veri işleme teknikleri (yapay zeka gibi) işlenmesi de yine algılayıcılardan gelecek verilere bağlıdır. Özetle, gerçek dünyaya ilişkin verilerin bilgisayar ve benzeri sistemlerde işlenmesi için öncelikle bu fiziksel büyüklüklerin elektriksel sinyallere dönüştürülmesi, bilgisayar türevi işlem birimleri ile işlenebilmesi için örneklenmesi sayısallaştırılması gerekir. Algılayıcılar fiziksel büyüklükleri elektriksel sinyallere dönüştüren bileşenlerdir. Bazı yeni nesil algılayıcılar doğrudan örneklenmiş ve sayısallaştırılmış çıkış verme yeteneğine sahiptir.

Algılayıcılar sıcaklık, nem, ışık miktarı, ağırlık, ivmelenme, hava kalitesi gibi birçok farklı büyüklüğü ölçme yeteneğine sahiptir. Bu algılayıcıların maliyetleri de her geçen gün düşmektedir. Günümüzde maliyetlerin düşmesi ile kullanımı oldukça yaygınlaşan örnek bir algılayıcı ise kameralardır. Kemaralar üzerlerinde bulunan lens ve CCD/CMOS tipi görüntüleyici sensörler ile ortamdaki ışığı elektriksel sinyallere dönüştürebilmektedir. Elde edilen görüntüler ya ham halde operatörler tarafından incelenmekte ya da yapay zeka destekli yazılımlarla analiz edilerek çeşitli süreçler otomatikleştirilmektedir. Her geçen gün maliyeti düşen kameralar güvenlikten gözetime (surveillance) birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

### **5G Kablosuz Haberleşme**

Algılayıcılar tarafından ölçülen verinin IoT cihazlarla bir veri işleme merkezine (cloud) aktarılması, ölçüm yapılan nokta ile bu merkez arasında bir ağ bağlantısını gerektirmektedir. Kablolular haberleşme tekniği, sağladığı birçok avantaj olmasına karşın bir alt yapı yatırımı gerektirdiğinden, sahadaki her noktaya bu yolla erişim sağlamak mümkün değildir. Bu noktada kablosuz haberleşme yöntemleri alternatif çözümler sunmaktadır. Günümüzdeki yakın mesafe kablosuz veri aktarımında Bluetooth, Wi-Fi gibi yaygın kabul gören teknikler kullanılırken, daha uzak mesafelere veri aktarımı için hücresel haberleşme teknikleri kullanılmaktadır. Halihazırda ülkemizde kullanılmakta olan 4. nesil LTE teknolojisi birçok uygulama için kablosuz veri aktarım alt yapısı sunmaktadır.

5G veya beşinci nesil kablosuz hücresel haberleşme teknolojisi kullanıcıların saniyede gigabitler seviyesinde veri aktarımını ve bunu 4G'ye göre 10 kat daha düşük gecikme (latency) ile gerçekleştirmesini sağlarken, birim alanda hizmet verebileceği uç sayısını

10 kat artırmış, güç tüketimini ise önemli ölçüde azaltmıştır. Bu üstün özellikleri nedeniyle 5G teknolojisi kablosuz haberleşme açısından önemli bir devrimi beraberinde getirmektedir. Ancak, ülkemizde çeşitli bölgelerde test amaçlı kullanım dışında henüz yaygın kullanımı mevcut değildir. 2023 yılı itibarıyla ülkemizde 5G'nin kullanımının yaygınlaşmaya başlayacağı beklenmektedir.

### **Sanal Gerçeklik (Virtual Reality-VR) ve Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality-AR)**

Sanal gerçeklik temelde olabildiğince gerçek ve sürükleyici bir sanal dünya hissi vermek için gerçek gibi görünen sahneler ve nesnelere içeren bilgisayar tarafından oluşturulmuş bir ortamdır. İnsanlar bu ortamı genellikle kafalarına taktıkları sanal gerçeklik gözlükleri ile deneyimler. Bu gözlükler içerdikleri küçük ekranlarla kullanıcının sanal 3-boyutlu bir dünya ile etkileşime geçmesine olanak sağlamaktadır. Kullanıcı klavye, fare veya benzeri bir kontrolcü kullanarak bu sanal dünyada hareket edebilmekte ve bu sanal dünyadaki içerikle etkileşim kurabilmektedir. Bu teknoloji eğitim ve eğlence gibi alanlarda oldukça verimli içerikler üretme potansiyeli barındırmaktadır. Özellikle verinin etkin şekilde görselleştirilmesi ile verinin içine girilmesi etkisini sağlamak bu teknoloji ile mümkün olabilmektedir.

Artırılmış gerçeklikte ise kullanıcının gördüğü tamamen sanal bir dünya olmayıp gerçek dünya ile sanal dünyada oluşturulan nesnelere birlikte deneyimlenmesi söz konusudur. Örneğin artırılmış gerçeklik kullanan bir kıyafet deneme uygulaması kamera aracılığı ile görüntü çekilen gerçek bir kişinin üzerinde sanal dünyadaki kıyafetleri göstererek onun tercih yapmasını kolaylaştırabilir. Bu durumda sahnedeki kişinin gerçek dünyadaki görüntüsü üzerine sanal nesnelere yerleştirilmekte böylelikle fiziksel dünya ile sanal dünya arasında bir etkileşim sağlanmaktadır.

### **Metaverse (Öte Evren)**

Geçtiğimiz iki yıllık süreçte en popüler teknoloji trendlerinden olan metaverse temel olarak sanal ve artırılmış gerçeklik cihazları (gözlük-akıllı telefon, dokunmatik sensörler, aktüatörler) aracılığıyla çevrimiçi 3 boyutlu sanal ortamları destekleyen, kalıcı, İnternet'in üç boyutlu hali olarak düşünülebilir. Metaverse'ü sanal veya artırılmış gerçeklikten ayıran en önemli özellik Metaverse'de oluşturulan sanal dünyanın "kalıcı" ve "sürekli" olmasıdır.

Bir kullanıcı Metaverse ortamında bir eşyayı bir yerden alıp başka bir yere koyduğunda, o kullanıcı Metaverse'den çıktığında, o eşya o ortamda kalıcı ve sürekliliğini devam ettirir. Başka bir kullanıcı aynı ortama geldiğinde/girdiğinde o eşyayı kaldığı yerden hareket ettirmeye veya o eşyayla kaldığı yerden etkileşim kurmaya devam edebilir. Bu yönüyle Metaverse'ü mevcut fiziksel dünyanın tamamen sanallaştırılmış hali olarak ele almak mümkündür. Metaverse'deki gerçeklik algısını artırmak için sadece gözlükler değil, eldiven, dokunsal yelek gibi giyilebilirler (haptic suit) ve hareket platformu gibi ek donanımlar da kullanılabilir.

### Blok Zinciri (Blockchain)

Akıllı şehirler tarafından üretilenler dahil her tür dijital verinin merkezi olarak depolanmasının ve yedeklenmesinin getireceği birçok sorun mevcuttur. Genel anlamda bilgi güvenliği gizlilik (confidentiality), veri bütünlüğü (integrity) ve kullanılabilirlik (availability) olarak üç ana saç ayağı üzerine oturmaktadır.

Gizlilik veri aktarımı yapan iki taraf arasındaki iletişime üçüncü kişilerin erişimemesini hedefler. Bu aşamda iletişimin şifreli (kriptolu) şekilde gerçekleştirilmesi yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır. Uygulamaya bağlı olarak gizli anahtarlı (3 DES, AES vb.), açık anahtarlı (RSA, ECC) veya bunların birleşiminden oluşan melez şifreleme teknikleri kullanılarak yetkisiz kişilerin ham veriye erişimi engellenebilmektedir.

Veri bütünlüğü ise veri aktarımı yapan taraflar arasında iletişim sırasında gönderilen veri ile alınan verinin aynı olduğunu, yani iletim sırasında bu verinin kasıtlı veya kasıtsız şekilde herhangi bir değişikliğe uğramadığını garanti altına almayı hedefler. Bu amaçla gönderilen verinin kriptografik bir özetinin veriye eklenmesi ve alıcı tarafta benzer işlemlerin yapılarak veri bütünlüğünün kontrol edilmesi mümkündür. Başka ek teknikler ile verinin kaynağının da doğrulanması sağlanabilir.

Kullanılabilirlik temel olarak talep edilen veriye/hizmete herhangi bir zamanda ulaşılması olarak ele alınabilir. Örneğin İnternet ortamında saldırganlar bazı sunuculara aşırı şekilde yüklenerek (sunucunun kaldırabileceği miktardan fazla istek göndererek) o sunucunun hizmet vermesinin önüne geçip ilgili sistemin devre dışı kalmasını, veriye erişilememesini hedefleyip kullanılabilirlik açısından sisteme saldırıyı odaklanmaktadır.

Blokzincir teknolojisi temel olarak veri bütünlüğü ve kullanılabilirlik sorunlarına çözüm oluşturmaktadır. Bunu yaparken verinin tek bir merkezde değil de dağıtık olarak uçlarda (node) depolanmasını ve veri bütünlüğünün önceki verilerin özetinin veri zincirine yazılması ile sağlanması gibi bir yol izlemektedir. Aktarılan verinin gizliliği ise istenirse verinin ayrıca şifrelenmesi ile mümkündür.

### Dijital İkiz (Digital Twin)

Dijital ikiz kavramı, gerçek dünyadaki fiziksel bir sistemin ikizinin dijital ortamda oluşturulması olarak ele alınabilir. Bazı durumlarda fiziksel sistem daha ortada yokken simülasyon aşamasında bile dijital ikiz oluşturulurken, birçok örnekte mevcut fiziksel bir sisteminin çalışması sırasında ürettiği veriler dijital ortama anlık/canlı olarak aktırılarak ilgili sistemin çalışma performansı takip edilebilmekte, sorunlar oluşur oluşmaz tespit edilip bakım süreçleri işletilebilmekte veya daha ilerisi toplanan verilerin analizi ile sistemin gelecekteki çalışma performansına dair öngörülerde bulunulabilmektedir. Dijital ikiz oluşturmada yukarıda açıklanan algılayıcı teknolojiler, nesnelere interneti temel ekipmanlar, uçta hesaplama birimleri ve haberleşme teknolojileri yoğun olarak kullanılmaktadır.

### Güncel Teknoloji Trendlerinin Akıllı Şehirlerde Örnek Kullanım Senaryoları

Yukarıda açıklanan teknoloji trendlerinin akıllı şehir uygulamalarında kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu bölümde pratikte uygulamaya geçen veya kısa sürede geçirilebilecek farklı alanlardan bazı uygulamalar ele alınacaktır.

#### Akıllı Atık Yönetim Sistemi

Özellikle evsel atıkların yerel yönetimler tarafından toplanıp bertarafı önemli bir belediye hizmetleri arasındadır. Atıkların toplanması sırasında genellikle şehrin çeşitli bölgelerine yerleştirilmiş çöp konteynurları periyodik olarak çöp toplama araçları ile ziyaret edilerek bu atıklar alınmakta ve bir toplama merkezine götürülmektedir. Toplama araçlarının çeşitli nedenlerle bazı çöp konteynurlarına uğramaması veya geç uğraması birçok şikayeti beraberinde getirmektedir.

Bazı belediyeler bu sorunu gidermek için çöp toplama araçlarına yerleştirdikleri GNSS alıcıları ile (GPS vb.) araçların çöp konteynurlarının buldukları yerlere gidip gitmediğini takip etmektedir. Bu yaklaşım süreci bir miktar iyileştirse de bazı konteynurların daha sık dolması, bazılarının ise daha nadir dolması konteynür bazı bir takip ile bu probleme daha etkin bir teknik çözüm geliştirilmesi mümkündür. Bu noktada çöp konteynurlarına konulacak batarya ile çalışan IoT sistemleri, içerdikleri sensör sistemi ile konteynürün doluluk oranını periyodik olarak (örneğin saatte 1 kez) ölçüp bir kablosuz haberleşme tekniği ile (Ör: LoRa, GPRS, NB-IoT, 5G v.b.) bir merkeze aktarabilir. Bu merkezden toplanan verilere göre planlamada güncellemeler veya anlık yapay zeka destekli operasyon planı güncellemeleri yapan yazılımlar geliştirilebilir. Aslında oldukça basit şekilde kurgulanan bu IoT sisteminin şehirden ölçülen benzeri başka verilerin (örneğin otopark doluluk miktarı) analizi için de yaygınlaştırılması mümkündür.

#### Akıllı Kavşak ve Trafik Yönetimi Sistemi

Trafik sıkışıklığı kalabalık şehirlerin önde gelen sorunları arasında yer almaktadır. Plansız şehirleşmenin sonucu olarak şehirlerdeki insan sayısının artması ancak yol v.b. alt yapıların yetersiz kalması bu sorununun temel nedeni olarak görülebilir. Bununla birlikte yaygın ve kolay erişilebilir toplu taşımının bulunmaması ve bireysel araç kullanımının artması da bu sorunu derinleştirmektedir. Bu noktada çeşitli teknolojik araçlar kullanılarak bu sorunun kısmen hafifletilmesinin mümkün olduğu değerlendirilmektedir.

Örneğin trafik akışında önemli darboğazlardan olan kavşaklardaki trafiğin etkin şekilde yönetimi amaçlı akıllı sistemlerin kullanılması mümkündür. Kavşaklarda trafik yönetimi için genellikle önceden belirlenmiş bir program çerçevesinde farklı zaman dilimlerinde belirli sürelerle farklı kavşak kollarının geçişine izin veren trafik ışıkları kullanılmaktadır. Ancak bu trafik ışıkları kavşak kollarındaki yoğunluktan bağımsız olarak standart süre ile kolları sıra ile geçişe izin verdiğinden kavşaklarda gereksiz zaman kayıpları oluşmaktadır.



Bu sorunu kısmen çözmek için “loop” adı verilen ve yola döşenen algılayıcılar kullanılmakla birlikte bu teknik ile kavşak yoğunluğunu kestirmek mümkün olmadığından, kamera bazlı daha etkin çözümler ön plana çıkmaktadır. Kamera bazlı çözümler kavşağa yerleştirilen geniş görüş açılı bir kamera veya daha dar görüş açısına sahip birden fazla kameradan alınan görüntüleri genellikle yapay zeka ve görüntü işleme temelli tekniklerle işleyerek hangi kavşak kolunun daha yoğun olduğunu tespit edebilmektedir. Böylelikle araç bulunmayan boş bir kavşak koluna yeşil yakılması gibi trafik akışını olumsuz şekilde etkileyen kararların önüne geçilmesi mümkün olmaktadır. Kamera sistemlerin gece ve kötü hava koşullarında performansının düşmesi söz konusu olabileceğinden, bu amaçla farklı sensör tiplerinin (RADAR, LIDAR v.b.) kullanılması da mümkündür.

Yukarıda açıklanan akıllı kavşak geçişi sisteminin kavşaklar arasındaki geçişi daha verimli hale getirmek için kullanımı da mümkündür. Bazı şehirlerde uygulanan “yeşil dalga” yaklaşımı araçların standart bir hız aralığında seyretmeleri durumunda trafik ışıklarına yakalanmadan kavşaktan geçişini mümkün kılmayı hedeflemektedir. Ancak birçok durumda bu sistem istenen performansla çalışmamaktadır. Bunun temel nedeni ise “yeşil dalga” için standart bir süreye programlanmış ışıkların oldukça dinamik yapıdaki trafik akışına uyum sağlama yeteneğinin olmamasıdır. Bu amaçla yukarıda açıklanan benzer bir ölçüm sisteminin kullanılması ve hatta geçiş önceliğine sahip araçların (itfaiye, ambulans gibi) tespiti durumunda trafik ışıklarının ve akışının buna göre uyarlanması teknik olarak mümkündür.

Trafik yönetim sistemleri kapsamında engellilerin toplu ulaşım sistemini kullanmak istemeleri durumunda, mobil bir uygulama üzerinden buldukları durakta talebini bildirmesine müteakip ulaşım ağındaki en uygun aracın belirlenmesi ve ilgili durağa yönlendirilmesi gibi engelleri ortadan kaldıran akıllı uygulamaların gerçekleştirilmesi de mümkündür.

### **Akıllı Yönetişim Sistemi**

Şehir sakinlerinin karar alma süreçlerine etkin şekilde katılımını sağlamak günümüz yönetişiminin önemli unsurları arasında yer almaktadır. Bu amaçla kullanılacak anketler, kamuoyu yoklamaları gibi çeşitli araçlar bulunmakla birlikte, bunların güvenilirliği ile ilgili önemli soru işaretleri mevcuttur. Bu noktada şehir sakinlerinin karar alma süreçlerinde görüşlerinin etkin şekilde alınması için akıllı telefon, tablet gibi mobil cihazlar ve iletişim kioskları gibi ekipmanlar ile bu ekipmanların kullanacağı blok zinciri temelli bir alt yapı sayesinde halkın görüşlerinin olabildiğince anonim, güvenli ve gerektiğinde herkesçe doğrulanabilir bir şekilde alınmasının mümkün olduğu değerlendirilmektedir.

Bu tip bir yaklaşımı kullanarak halkın doğrudan görüşüne sadece kritik konularda değil, örneğin boş bir alanın nasıl değerlendirileceği, toplu taşıma araçlarında kullanılacak giydirmelerin/renklerin tercihi gibi birçok farklı konuda başvurarak kent sakinlerini

etkin şekilde yönetim süreçlerine dahil etmek söz konusu olabilir. Bu amaçla mobil cihazların yanı sıra, şehrin çeşitli noktalarına yerleştirilecek aynı zamanda bir bilgilendirme panosu işlevi görece kioskların önemli bir araç olarak kullanılabilmesi değerlendirilmektedir.

### **Afet Yönetim Sistemi**

Deprem, yangın, sel gibi afetlerin mümkünse önceden tahmini ve bununla ilgili erken uyarı sistemlerinin kurulması ve meydana gelen afetlerin etkin yönetimi için yukarıda açıklanan teknolojilerin akıllı şehir uygulamaları çerçevesinde kullanılması mümkündür.

Deprem özelinde yerel ölçekte risk haritalarının oluşturulması, depremde hasar gören binaların ve bunların hasar miktarlarının çok kısa bir süre içerisinde tespit edilip ilgili koordinasyon merkezine aktarılması oldukça önemli afet yönetim uygulamaları olarak ön plana çıkmaktadır. Deprem oluştuğunda başlayıp deprem bitene kadar toplanan verilerle hasar analizi için binalara yerleştirilecek uygun maliyetli ivmeölçer adı verilen algılayıcıları içeren IoT cihazların kullanılması mümkündür. Bu cihazlar, depremin binada hissedilen ivmesinin ölçülmesi ve yıkılma v.b. durumları tespit edebilme ve iletişim imkanları kesilmeden bunları bir merkeze aktarabilme yeteneğine sahiptir. Böylelikle depremin hemen bitiminde karar vericilerin elinde olası hasara ilişkin bir raporun bulunması mümkün hale gelebilir. Bu çerçevede afet sonrası arama-kurtarma faaliyetlerinin planlanması ve koordinasyonunun daha etkin şekilde gerçekleştirilmesi mümkündür.

Bir diğer uygulama ise yangınların erken tespiti ve böylelikle geniş bir alana yayılmadan müdahale imkanını sağlayacak sensör ve veri işleme sistemleri olabilir. Yakın geçmişte savunma sanayinde etkin şekilde kullanılan insansız hava araçlarının (İHA) üzerinde genellikle görüntüleme amaçlı sensör sistemleri bulunmaktadır. Bu sensör sistemlerinin özelleştirilerek oldukça geniş alanların gerçek zamanlı izlenmesi konsepti geniş alan gözetleme (wide area surveillance) olarak bilinmektedir (ESEN GAG, 2022). Böylelikle onlarca km<sup>2</sup>'lik alanlardan alınan görünür ve termal bölgedeki görüntülerin yapay zeka temelli uzaktan algılama görüntü işleme algoritmaları ile işlenmesi ve yangınların kısa sürede tespit edilmesi mümkün olabilir. Benzer bir teknolojinin denize petrol sızıntısı gibi durumların tespiti için etkin şekilde kullanılabilmesi değerlendirilmektedir.

### **Veriye Dayalı Akıllı Şehir Uygulamalarına İlişkin Öneriler**

Gerek ülkemizde gerekse dünyadaki akıllı şehir uygulamaları incelendiğinde bunların spesifik bazı problemlerin çözümüne yönelik ayrık uygulamalar olarak tasarlandığı görülmektedir. Örneğin ulaşım alanında akıllı park sistemleri, akıllı kavşak uygulamaları, mikromobilité çözümleri ön plana çıkarken, akıllı yönetim kapsamında kent sakinlerinin hizmete ulaşımının yalınlaştırılması

ve dijitalleştirilmesi yoluyla kolaylaştırılmasına yönelik uygulamalar yoğun ilgi çekmektedir. Özetle teknolojinin dokunduğu her alanda akıllı çözümler oluşturarak bunları kent sakinlerinin gündelik yaşamını daha verimli hale getirmek için kullanmak mümkündür. Bu noktada birbirinden bağımsız şekilde tasarlanan ve bir kısmı yerel yönetimler, bir kısmı ise merkezi yönetimlerce yapılan uygulamaların bütüncül bir şekilde ele alınmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

Örneğin ülkemizdeki büyükşehirlerde şehir içi ulaşımın planlanması için hem yerel yönetimlerin hem de merkezi yönetimlerin içinde bulunduğu UKOME (Ulaşım Koordinasyon Merkezi) yapılması mevcuttur. Bu yapılanma içerisinde hem yerel hem de merkezi yönetimin temsilcileri bulunmaktadır. Bu yapının etkin işlemesi, birçok kurumun etkin iş birliğine ve veri paylaşımına bağlı olmakla birlikte, kimi durumlarda kurumların çeşitli nedenlerle (yetki ve sorumluluk alanlarının farklı olması v.b.) veri paylaşımından çekindiği ve bu durumun trafiğin etkin yönetimine engel olduğu bilinmektedir. Verimli akıllı şehir uygulamalarının ancak paydaşların birbirleri ile sürekli ve gerçek zamanlı veri paylaşımı ile ortaya çıkacağı göz önüne alındığında, konunun önemi daha net şekilde görülecektir.

Yukarıda sadece şehiriçi trafik yönetimi kapsamında ifade edilen veri paylaşımının aslında bütün akıllı şehir uygulamaları arasında yapılması gerekmektedir. Şehrin eğitim, sağlık, ulaşım, çevre v.b. bütün sistemlerinden gerçek zamanlı alınan verilerin KVKK ve GDPR gibi kişisel verilerin kullanımına ilişkin yasal düzenlemeler dikkate alınarak bütün verilerin tek bir havuzda toplanması ve yetki bazlı olarak bu verilere ilgili kurumların erişiminin sağlanması yoluyla akıllı şehir uygulamalarından beklenen faydanın sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Aksi durumda, birbirinden bağımsız çalışan ve etkinliği oldukça düşük akıllı şehir uygulamalarının bu teknolojilerden beklenen etki ve katkıyı sağlamanın söz konusu olamayacağı düşünülmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak karar vericilerin bu teknolojilere olan inancının ve bunlardan beklentilerinin düşmesi ile bu çerçevede sağlanacak olası faydaların hepsinin önüne geçilmesi durumunu doğurabilir. Kent sakinleri ile etkileşimi gerektiren uygulamalarda, etkileşimin sağlanacağı platformların seçimi ve işlevselliği de önemli bir konudur. Bu nedenle, akıllı şehir projelerinin kurgulanması ve tasarımı aşamasında kullanıcı deneyiminin ön planda tutulması gerekmektedir. Aksi takdirde, büyük maliyetlerle kurulan sistemlerin yeterli ilgiyi görmemesi ve hedeflenen işlevden uzaklaşması söz konusu olabilir.

## Kaynakça

- Gülsoy, İ., Urhan, O., Tekel, M.Y., Dinçer, E., Uçak, M., Kılıçaslan, H., Canpolat, R., Koşat, Y., Zorlu, R.T., "Kocaeli Akıllı Şehirler Genel Durum Analiz Raporu", KBB-KOÜ Teknopark, 2021.
- Tuwien (2015). European Smart Cities Model web sitesinden 11 Kasım 2022 tarihinde erişildi: <http://www.smart-cities.eu/model.html>
- Esen Gag (2022). Esen Sistem Firmasının Geniş Alan Gözetleme Sistemi (GAG) web sitesinden 11 Kasım 2022 tarihinde erişildi: <https://www.esensi.com.tr/tr/urun/genis-alan-gozetleme-sistemi-gag>



📍 Gölcük, Deprem Anıtı

# Akıllı Şehirlerde Afet Riski Azaltılması Uygulamaları

## Disaster Risk Reduction Practices in Smart Cities

### Prof. Dr. Şerif BARIŞ

Kocaeli Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
e-posta: sbaris@kocaeli.edu.tr  
ORCID: 0000-0001-8888-2295

### Doç. Dr. Abdullah Can ZÜLFİKAR

Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
e-posta: aczulfikar@gtu.edu.tr  
ORCID: 0000-0001-6610-3334

### Mustafa KORKMAZ

Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
e-posta: mkorkmaz@gtu.edu.tr

### Süleyman TUNÇ

Sentez Yer ve Yapı Mühendisliği, Maltepe, İstanbul, Türkiye  
e-posta: stunc@syy.com.tr

## Öz

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ile Akıllı Şehir kavramı gün geçtikçe daha fazla yerel yönetimlerde uygulama alanı bulmaktadır. Afet risk azaltım planları ve uygulamaları da günümüz Akıllı Şehir teknolojilerine uyarlanarak gerek ulusal gerekse yerel ölçekte desteklenebilmektedir. 2015-2030 Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesinin 4 önceliğinden 1 tanesi afet riskine karşı şehirlerin sürdürülebilir ve dirençli hale getirilmesi, 7 küresel hedefinden 1 tanesi de çoklu tehlike erken uyarı sistemlerine erişilebilirliğin artırılmasıdır. Ülkemizde de 2015-2030 Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi ile uyumlu olarak Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP) ve İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) çalışmaları başlatılmış, birçok kentimizde afet riskinin azaltılması için sürdürülebilirlik, dirençlilik ve farklı türde erken uyarı sistemleri üzerine uygulamalar başlatılmıştır. Bu çalışmada, Akıllı Şehir kavramı ve yerel yönetimlerde kullanımı anlatılacaktır. Afet riski azaltılmasında bazı örnek akıllı şehir uygulamalarına yer verilecektir. Çalışmanın yerel yönetimlerde benzer uygulamaların geliştirilebilmesi açısından faydalı olacağı düşünülmektedir. Özellikle çok yoğun nüfuslu afet riskini azaltmak için kurulmuş bulunan bazı iyi meteorolojik erken uyarı sistemleri ile deprem ve tsunami erken uyarı sistemlerine ait örnekler verilmiştir. İstanbul'da yerel yönetimler tarafından yapılan hava tahminleri, buzlanma erken uyarı ve taşkın erken uyarı sistemleri, birçok olayın zararını azaltacak uyarıları sağlamıştır. Halen İstanbul'da kurulu bulunan ve 2023 yılında da Bursa ilinde devreye girecek deprem erken uyarı sistemi ve İGDAŞ ile Bursagaz AŞ tarafından her iki şehirde kurulan doğalgaz acil uyarı sistemleri olası yıkıcı bir deprem sırasında ana gaz regülatörlerini kapatarak ve çelik borulardaki basıncı düşürerek yangın ve patlamaların sayısını azaltarak afetin zararlarını azaltacak akıllı uygulamalardır. Bu tür sistemlerin doğalgaz dağıtım yapılan diğer iller ile deprem riski taşıyan tüm şehirlerimizde kurulmasının önemi vurgulanmıştır. Özellikle denize kıyısı olan illerin de yapılması gereken diğer bir çalışma ise tsunami erken uyarı sistemi ile ilgilidir. İstanbul'da Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen bir uygulama ile tsunami yaratabilecek depremler için bir tsunami uyarısı oluşturulmaktadır. Kıyı kentlerindeki yerel yönetimler, bölgelerinde tsunami kaçış güzergahlarını belirleme ve bu güzergahlara uyarı tabelaları konumlandırma ve halkı bilinçlendirme eğitimlerini yapmalıdır. Akıllı şehir olmak hedefinde ilerleyen tüm şehirlerin şehir bilgi sistemi kurarak gerek bu makalede küçük bir kısmı verilen afet zararlarının azaltılması uygulamalarını gerekse diğer tüm afet yönetim ve güvenlik uygulamalarını da kendi şehir bilgi sistemlerine entegre etmeleri yapılacak çalışmaların verimini artıracak yegâne yol olarak önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Şehirler, Bilgi Sistemleri, Deprem Erken Uyarı, Tsunami, Dijital İkiz

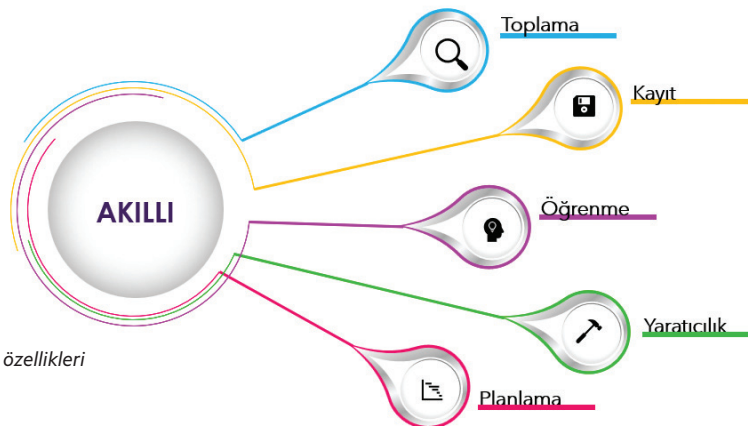
## Abstract

With the development of information and communication technologies in recent years, the concept of a Smart City is increasingly being applied in local governments. By adapting disaster risk reduction plans and practices to today's Smart City technologies, both national and local scales can be supported. One of the 4 priorities of the 2015-2030 Sendai Framework for Disaster Risk Reduction is to make cities sustainable and resilient against disaster risk, and 1 of its 7 global goals is to increase accessibility to multi-hazard early warning systems. Turkey's Disaster Risk Reduction Plan (TARAP) and Provincial Disaster Risk Reduction Plans (IRAP) studies have been initiated in our country in line with the 2015-2030 Sendai Disaster Risk Reduction Framework. In this study, the concept of a Smart City and its use in local governments will be explained. Some sample smart city applications will be included in Disaster Risk Reduction. It is thought that the study will be beneficial in terms of developing similar practices in local administrations. Examples of some good meteorological early warning systems and earthquake and tsunami early warning systems, which have been established especially to reduce the disaster risk of a very dense population, are given. Weather forecasts, icing early warnings, and flood early warning systems made by local governments in Istanbul provided warnings to reduce the damage of many events. The earthquake early warning system, which is still installed in Istanbul and will be activated in Bursa at the beginning of 2023, and the gas emergency warning system installed in both cities by İGDAŞ and Bursagaz AŞ, will prevent fires and explosions by closing the main gas regulators and reducing the pressure in the steel pipes during a potentially devastating earthquake. These are smart applications that will reduce the damage of the disaster by reducing the number of the importance of installing such systems in other provinces where natural gas is distributed and in all cities with earthquake risk was emphasized. Another study that should be done especially by the coastal provinces is the tsunami early warning system. With an application developed by the Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute in Istanbul, a tsunami warning is created for earthquakes that may create a tsunami. Local governments in coastal cities should carry out training on determining tsunami escape routes in their regions, erecting warning signs on these routes, and raising public awareness. It is suggested as the only way that will increase the efficiency of the studies is by establishing a city information system for all cities that are advancing towards the goal of being a smart city, and integrating both disaster mitigation practices, a small part of which is given in this article, and all other disaster management and safety practices into their own city information systems.

**Keywords:** Smart Cities, Information Systems, Earthquake Early Warning, Tsunami, Digital Twins

## Giriş

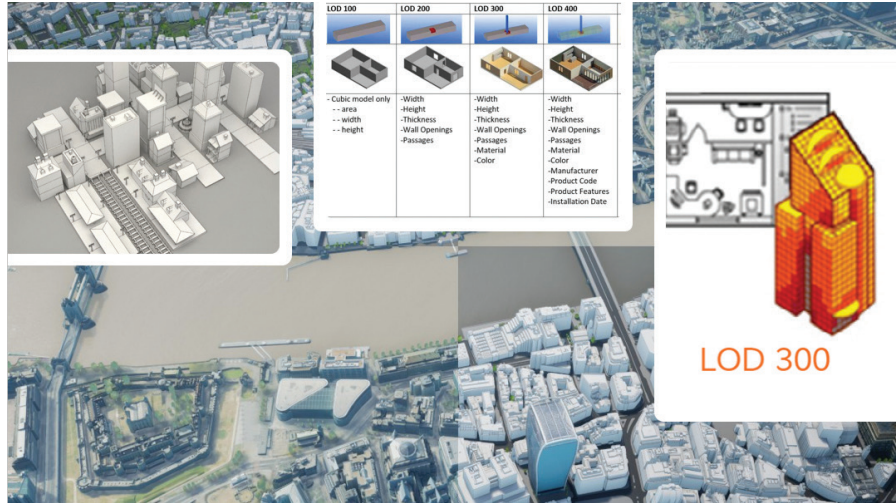
Adını yaşadığımız çağa veren bilgi, canlılar için eylemlerin temelini oluşturmaktadır. Bilgiye dayalı hareket edemeyen canlılar yaşadıkları çevrenin etkilerine en ağır şekilde maruz kalırlar ve kendilerini korumak için gerekli davranış özelliklerini gösteremezler. Bir canlının akıllı olarak tanımlanabilmesi için veri toplaması ve kayıt altına alması, verileri işleyerek bilgiye çevirmesi, bu bilgileri kullanarak yeni yöntem, araç ve gereçler geliştirmesi ve geleceğe dair planlama yapması gerekmektedir (Şekil 1). Şehirler karmaşık yapıları ve paydaşları arasındaki karmaşık dinamikler açısından yaşayan ekosistemler olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Akıllı canlıların ortak özellikleri

Akıllı sistemler, sistemin herhangi bir bileşeninde bir sorun ortaya çıkmadan önce veri analizi ile olası sorunların öngörüldüğü ve gerekli önlemlerin alındığı sistemlerdir. Şehirlerde her paydaşın, ister teknik olsun isterse olmasın, kendisine ait bir sistemi bulunmaktadır. Bu alt sistemlerin kendi içindeki verimi ve birlikte çalışabilme yetkinliği şehir yönetim sisteminin sürdürülebilirliğini doğrudan etkilemektedir.

Şehirlerin, akıllı şehirler olarak değerlendirilebilmesi için bileşenleri ve alt sistemleri hakkında veri toplaması, veriyi kayıt altına alması, verileri işleyerek faydalı bilgi haline getirmesi, bu bilgilerden yeni şeyler öğrenmesi, yeni araç gereç ve yöntemler geliştirmesi ve gelecek için planlama yapması gerekmektedir (Ahvenniemi, Huovila, Pinto-Seppä, & Airaksinen, 2017; Dameri, 2017; Lombardi, Giordano, Farouh, & Yousef, 2012). Günümüzde hem teknolojik gelişmeler hem de bu gelişmelere erişimin artması, çok çeşitli kaynaklardan çok çeşitli ve görünüşte birbirleri ile bağımsız verilerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu verilerin toplanması, kayıt altına alınması, işlenmesi ve her paydaş tarafından anlaşılır ve kullanılabilir hale getirilmesi zamanımızın en büyük sorunlarından biridir. Bu sorunu çözmek için ağırlıklı olarak mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe kullanılan üç boyutlu (3-B) sayısal modelleme yöntemi kullanılmaktadır. 3-B sayısal modeller üzerine nesnelere ait fiziksel, mekanik, zamansal ve mekânsal özellikler eklenerek “dijital ikiz” diye tabir edilen modeller oluşmaktadır. Dijital ikizler, olası bir senaryo halinde gerçek nesnenin nasıl hareket edeceğini, hangi etkilere nasıl tepki vereceğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Şehirler gibi çok sayıda paydaş ve alt sisteme sahip sistemlerde her alt sistemin kendisine ait bir dijital ikizi olması kaçınılmazdır. Şekil 2) (Biljecki, 2017; Xu & Coors, 2012). Çok sayıda dijital ikiz hem birleştirilme sırasında hem de veri aktarımında kendine özgü sorunlar çıkarmaktadır. Ayrıca, bu dijital ikizlerin kullanıcılarının farklı bakış açıları ve öncelikleri nedeniyle, temel girdiler açısından çok fazla fark olmamasına rağmen, çıktı formatlarında büyük farklılıklar vardır.



Şekil 2. Farklı Detay Seviyeli Dijital İkizler

Doğa kaynaklı veya insan kaynaklı bir olayın afet olarak değerlendirilebilmesi için gerçekleştiği çevreye olan etkisinin çok büyük olması gerekmektedir. Bahsedilen etkiler fiziki, sosyal, ekonomik veya çevresel olabilmektedir. Bu da demektir ki, afetlerin etkilerinin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için şehirlerin fiziki, sosyal, ekonomik ve çevresel alt sistemlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Doğa ve insan kaynaklı afetlerin ve krizlerin artmasıyla birlikte afet yardımı ve insani yardım ihtiyacı da hızla artmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, özellikle sismik riske odaklanarak akıllı şehir kavramları ve afet risk yönetimi alt sistemlerinden olan gerçek zamanlı karar verme mekanizmaları/erken uyarı sistemleri arasında bir çerçeve sunmaktır.

## Akıllı Şehirler Kavramı

İnsan refahını iyileştirmek ve daha kapsayıcı, dayanıklı ve sürdürülebilir toplumlar yaratmak için dijitalleşmeden yararlanan ve paydaşlarla etkileşime geçen şehirler, akıllı şehirler olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2020). Bu tanım, yukarıda belirtilen “akıllı” tanımıyla eş güdümlü olarak, dijitalleşme ve dijital inovasyonun kendi başlarına bir son olmadığını, kapsayıcılığı, sürdürülebilirliği ve baş edebilirliği arttırmak suretiyle, insanların yaşam standartlarını arttırmayı öngörüldüğünü vurgulamaktadır. Akıllı şehirlerin yaşam standartlarını iyileştirmek için kullandığı yöntemler dört ana kategoride

toplanabilir. Bunlar veri toplama, analiz, iletişim ve eylemdir (Şekil 3).

Akıllı şehirler ile paydaşları arasındaki etkileşim tek taraflı değildir. Bu demektir ki, paydaş hem şehirden işine yarayacak bilgileri almakta hem de geri besleme vb. şekilde şehre yeni veri setleri sunmaktadır. Paydaşlardan toplanan bu veriler genellikle analiz yapılmadan bir anlam ifade etmezler. Veri setlerinin bilgiye çevrilmesi, bu bilginin de anlaşılır bir şekilde betimlenmesi gerekmektedir. Betimlemenin infografik olması ise bilginin herkes tarafından kolayca anlaşılır hale gelmesini sağlamaktadır.



Şekil 3. Akıllı şehirler tarafından kullanılan başlıca yöntemler.

## Kent Bilgi Yönetimi

Kent Bilgi Yönetimi Sistemleri (KBYS), kullanıcılarına şehirleri doğru, veri odaklı temsil etmelerini sağlayan, parametrik, 3B model tabanlı ve infografik süreçlerdir. KBYS, bütün kullanıcılar için, veri kayıplarını en aza indirmek, birden fazla kullanıcıya hitap eden analiz araçlarının oluşturulması, kullanıcılar arası iş birliği tanımları ve araçlarının belirlenmesi, kullanıcılar arası risk yönetimi ve paylaşımı gibi konularda yardımcı olan bir takım belirli kurallar önermektedir. Ayrıca hem girdiler hem de çıktılar açısından düzgün bir yapı oluşturduğundan veri tekrarlarını engellemektedir.

KBYS'lerde dijital ikizler, paydaşlara ait veri setleri ile zenginleştirilir. Bu veri setleri grafiksel veya tablolar şeklinde olabilmektedir.

## Envanterler

Afet riskine maruz kalan varlıkların envanteri, risk değerlendirmelerinin ve tehlike karakterizasyonunun ve kırılganlığın önemli bir parçasıdır. Herhangi bir bölge için bir etki senaryosunun değerlendirilmesi, bir dizi modelin ve ilgili bölgesel verilerin, yani tehlike,

kırılganlık ve maruz kalma modelleri ve verilerinin göz önüne alınmasını gerektirir. Maruziyet modelleri, nüfus dağılımı ve maruz kalan varlıkların ekonomik değeri hakkında bilgi veren, yapıların türü ve doluluk ile ilgili bina envanterini dikkate alır. Güvenilir bir bina stoğu envanteri, insanlar ve yapılar üzerinde beklenen etkiye ilişkin sismik risk değerlendirme kararlarını bilimsel olarak desteklemek için de önemli bir araçtır (Cacace, Zuccaro, de Gregorio, & Perelli, 2018). Yapı stoğu envanterleri ayrıca, uygun hasar modeli seçimi için de elzemdir (Calvi et al., 2006). Bir şehir, bölge veya ülke için bir deprem hasarı modeli oluşturmak, diğer şeylerin yanı sıra, bina stoğu ve altyapı maruziyetine ilişkin veri tabanları oluşturmayı içerir. Daha basit kırılganlık modelleri, binaları yanal yüklerle karşı dirençlerine ve sistemin malzemelerine göre sınıflandırır (Grünthal, 1998). Ancak, ilgili bina özellikleri hakkında ek bilgiler, örneğin; inşaat yaşı, kat sayısı veya yatay sistem tipi, dikkate alınır ise kırılganlık modelleri daha zengin hale gelebilmektedir (Lagomarsino & Cattari, 2013; Lagomarsino & Giovinazzi, 2006; Vicente, Parodi, Lagomarsino, Varum, & Silva, 2011). Bu bağlamda, KBYS'lerde şehir paydaşlarına ait tüm bilgilerin ortak bir potada kullanılması ve kırılganlık modelleri seçiminde kullanılması açısından, afet riski değerlendirmelerinde önemli rol oynar.

## Afet Risk Azaltımı

Afet riski formülize edilmesinde, tehlike ( $H_{ah}$ ), maruziyet ( $E_a$ ), kırılma ( $V_{ah}$ ) ve baş edebilirlik ( $R$ ) olmak üzere, dört ana faktör bulunmaktadır.

$$R_{ah} = H_{ah} \times E_a \times V_{ah} \times 1/R \quad (1)$$

Bu denklemde tehlike, potansiyel olarak zararlı olayların büyüklüğü ve sıklığıdır. Tehlike çeşitli yöntemlerle hesaplanabilmektedir. Maruziyet, potansiyel tehlike kaynağının, üzerine etkisini göstereceği sistem ve alt sistemlere olan mesafesi ve bu etki alanında bulunan alt ve üst yapılar olarak değerlendirilebilir. Kırılma, toplulukların tehlikelerin etkisine karşı savunmasızlığını artıran fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerden kaynaklanan bir dizi koşul ve süreçlerdir. Baş edebilirlik ise potansiyel olarak tehdit altındaki bir sistem, topluluk veya toplumun, kabul edilebilir işleyiş ve yapıyı elde etmek ve sürdürmek için direnç veya değişim yoluyla uyum sağlama yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bütün bu tanımlar göz önüne alındığında afet riski azaltılması için ya kırılma azaltılmalı ya da baş edebilirlik artırılmalıdır.

Risk seviyesinin hatasız bir şekilde değerlendirilmesi, büyük ölçüde sahadan elde edilebilen verilerin miktarına ve kalitesine ve insanların risk algısının değişkenliğine bağlıdır. Sahadan elde edilen verilerin doğru bir şekilde işlenmesi ve her paydaşa hitap eder şekilde sayısal hale getirilmesi gerekmektedir.

Akıllı şehirlerde afet risk azaltılmasında yakın gerçek zamanlı karar verme mekanizmaları ve erken uyarı sistemleri ön plana çıkmaktadır. Bu sistemler, bir afet anında KBYS'lerine gerçek zamanlı tehlike veri setini sağlayarak ve aynı zamanda KBYS'de mevcut envanter bilgisini kullanarak, karar vericilere potansiyel riskin azaltılmasına yönelik yol göstereceklerdir. İlerleyen kısımlarda bu sistemler örneklenilerek açıklanacaktır.

## Gerçek Zamanlı Karar Verme Algoritmaları ve Erken Uyarı Uygulamaları

Modern veya Bütünleşik Afet Yönetiminde özellikle afetin iyileştirme evresindeki yapılan çalışmalarından sonra devam etmesi gereken uzun dönem çalışmalar zarar azaltma ve hazırlık evreleri olarak adlandırılmaktadır. Her iki evrede yapılması gereken çalışmaların önemli özelliği olası bir afet öncesi yapılacak çalışmalarla oluşacak can kayıplarını, yaralanmaları, sakat kalmaları ve ekonomik kayıpları azaltacak çalışmalara yoğunlaşmaktır. Bu çalışmaların tümü Risk Yönetimi başlığı altında yapılacak çalışmalar olup, özellikle Birleşmiş Milletler Hyogo Çerçeve Eylem Planında (1995-2005) ve Sendai Çerçeve Eylem Planında (2015-2030) afete maruz kalan tüm ülkelere afetin asıl zararını azaltan çalışmaların mutlaka tüm paydaşların ve yerel halkın birlikte yürütmeleri gerektiğini söylemektedir.

İllerde olası afetlerin zararını azaltmanın en önemli ayağı, akıllı teknolojiler kullanarak bu çalışmada tanımlanan Şehir Bilgi Sistemlerinin oluşturulması ve bu bilgi sistemine özellikle afet zararlarını azaltacak uygulamaların birer bileşen olarak yer almasının sağlanmasıdır. Şehir Bilgi Sisteminde özellikle halen ülkemizde 2021 yılında yürürlüğe giren İl Risk Azaltma Planlarının (İRAP) entegrasyonu ve bu planlarda

yer alan önemli zarar azaltıcı faaliyetlerden birisi olan Erken Uyarı Sistemlerinin neler olduğu, nasıl kurulması gerektiği ve bilgi sisteminde kullanılarak nasıl faydalı olacağı konusu tartışılacak ve bazı iyi uygulama örneklerine değinilerek özellikle akıllı şehir uygulamaları geliştirme çabası içerisinde olan afete maruz şehirler ve belediyeler için bir yol haritası çıkarılmasına çalışılacaktır.

## Akıllı Şehirlerde Erken Uyarı Sistemleri

Erken uyarı sistemleri bir olay, acil durum veya afet olmadan yapılan ölçümler ve akıllı teknolojiler ve büyük veri kullanılarak oluşacak can kayıplarını ve hasarı azaltacak sistemler olarak tanımlanır. Ancak, bu her afet türü için geçerli olmayan bir tanımdır. Akıllı şehirlerde kullanılan erken uyarı sistemleri güvenlik amaçlı, meteorolojik amaçlı, deprem ve tsunami uyarısı amaçlı kullanılmaktadır. Özellikle güvenlik ve meteorolojik uyarı amaçlı kullanılan erken uyarı sistemleri ile deprem ve tsunami erken uyarı amaçlı sistemler birbirinden oldukça farklıdır. İlk grupta olay olmadan yapılan ölçümler ve verilere dayanılarak bir uyarı verilirken; ikinci grupta ise olay olmadan herhangi bir uyarı verilememektedir. Ancak, literatürde ikinci grup içinde yapılan uyarı bu şekilde (early warning) olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada şehirlerde kullanılan güvenlikle ilgili erken uyarı sistemlerine değinilmeyecek olup çok daha fazla insan hayatını etkileyen meteorolojik, deprem ve tsunami erken uyarı sistemlerine değinilecektir.

## Meteorolojik Erken Uyarı Sistemleri

Dünyada son dönemde güncel konulardan birisi iklim değişikliği, küresel ısınma ve bu iki olay sonucu oluşan meteorolojik olayların düzeninin bozulması olmuştur. Özellikle meteorolojik şartlardaki değişkenlik ani yağışlara, doluya, hortumların oluşmasına, aşırı sıcak ve kuru havaların sürmesine, orman yangınlarının oluşmasına, elbette yağmur ve kar yağışındaki değişimlere sebep olmaktadır. Birçok ülkede kuraklık önemli bir tehdit olarak yer almaktadır. BM, dünyada afetlerin sayılarının ve etkilerinin şehirleşmeye paralel olarak arttığını belirtmiştir. Bu tür ani meteorolojik olayların yapılan uydu gözlemleri, meteoroloji balonları, çeşitli noktadaki meteorolojik gözlem ve algılayıcılarla tahmin edilerek oluşacak olayların etkisini azaltmak meteorolojik erken uyarı sistemlerinin ana hedefidir. Özellikle gerek bulut gözlemleri gerekse nem, basınç ve rüzgâr gücü ölçümleri yapılan meteorolojik modellemelerle bu olaylar meydana gelmeden tahmin edilmesini sağlamaktadır. Bu tür çalışmalar meteorolojide oldukça yaygın olan ve sürekli geliştirilmesine çalışılan olay öncesi erken uyarı sistemleridir. Bu çalışmalar sayesinde birçok meteorolojik olay afete dönüşmeden halka bildirilmekte veya erken uyarı sayesinde olası afetin etkileri ve can kayıpları önemli ölçüde azaltılmaktadır. Nitekim bu tür olaylara en önemli örnekler özellikle ABD'de meydana gelen kasırgalar ile Japonya'da meydana gelen tayfunlardır. Bu güçlü rüzgarlar önceden tahmin edilerek olası güzergahları belirlenebilmekte ve bu bölgedeki evler, yapılar güvenli hale getirilmeye çalışılmakta ve büyük bir nüfus güvenli bölge ve yapılara tahliye edilerek olası can kayıpları ve yaralanmaların sayısı oldukça azaltılmaktadır. Ülkemizde yapılan bazı bu tür uygulama örneklerine değinilecektir.



## Bazı İyi Uygulama Örnekleri

Ülkemizde meteorolojik uyarılar Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılan ölçümler, yapılan modellemeler ve analizler sonucunda yapılarak halka duyurulmaktadır. Ancak, illerde bu tür hava olayların bir mahalden diğerine büyük değişiklik gösterebileceği için yerel yönetimlerinde bu alanda bazı tedbirler alması ve MGM ile ortakla yapılacak bir protokolle veri toplaması ve vatandaşlarına duyuruda bulunması gerekmektedir. Bu kapsamda illerde kurulması gereken erken uyarı sistemleri aşağıda sıralanmıştır:

1. Meteorolojik Erken Uyarı Sistemleri
2. Deprem Erken Uyarı ve Acil Müdahale Sistemi
3. Tsunami Erken Uyarı Sistemi

Meteorolojik erken uyarı sistemleri, hava hareketleri neticesinde meydana gelen aşırı yağmur, buzlanma, su baskını ve sel gibi yağışlarla ilgili olayların zararını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Aynı şekilde düzensiz şehirleşme, çevre kirliliği, küresel ısınma ve denetimsiz gazların havaya karışması sonucunda sinsi ancak ölümcül olabilecek hava kirliliğinin tespit edildiği iyi uygulama örneklerine değinilecektir:

### 1.1. Hava durumu erken uyarı sistemleri

Bu tür uyarı sistemleri öncelikle MGM tarafından sağlanan bazı veriler ile il ve ilçelerde kurulan uydu sistemleri ile rüzgâr bilgileri, diğer meteorolojik ölçümler ile yapılan hava tahmin modellemelerine dayanmaktadır. Önemli olan bu tür bir anlaşma sağlanarak veri merkezlerinden belirli bir protokolle veri temini, iyi bir bilgisayar ve yazılımla hava tahmin modelleme algoritmalarının çalıştırılması ve tüm bu sonuçları yorumlayacak meteoroloji uzmanlarından oluşan bir ekibin çalıştırılması ile mümkündür. Bu sayede ilde olacak her türlü meteorolojik kökenli olaylar sürekli izlenerek olası bir acil durum veya afet öncesi gerek belediyenin ilgili birimleri teyakkuza geçirilerek, gerekse halka bilgi sağlanarak olası olumsuzlukların önüne geçilmesi planlanmalıdır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Afet Koordinasyon Merkezi (AKOM) 2000 yılında kurulmuş olup, 2007 tarihinden beri bünyesinde bu çalışmaları sürdürmekte ve halen meteoroloji servisinde 3 uzman hizmet vermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile AKOM arasında yapılan protokol çerçevesinde 2005 yılında 10 adet Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (AWOS) kurulmuştur. Bu istasyonlardan alınan veriler ile mevcut hava koşulları ölçülmekte ve bu bilgiler kullanılarak ileriye dönük hava tahmini yapılmaktadır.

Yapılan gözlemler ile olumsuz hava koşullarının etkili olacağı bölgelerde, ilgili birimler tarafından gerekli tedbirlerin önceden alınması sağlanmaktadır.

Bu istasyonlarda ölçülen meteorolojik parametreler:

- Rüzgâr hızı
- Rüzgâr yönü
- Hava sıcaklığı
- Bağıl nem
- Hâlihazır hava, yağış tipi, yoğunluğu ve görüş mesafesi

- Metrekareye düşen yağış miktarı
- Atmosfer basıncı
- Toprak üstü sıcaklığı
- Toprak üstü nemi
- Toprak Su İçeriği

AKOM'un meteoroloji servisinin sürekli yaptığı takip ve ölçümlerle herhangi bir olumsuzluk belirlendiği anda gerek kısa mesaj (SMS) gerekse e-posta ve elektronik ortamda yetkililer ve vatandaşlara uyarı bilgileri dağıtılmaktadır. Birçok olayda bu servisin sağladığı hizmet sayesinde ani meteorolojik olayların afete dönüşmesi engellenmiş ve olası etkileri önemli derecede azaltılmıştır. Benzer bir şekilde bu bilgiler AKOM tarafından geliştirilmeye devam eden Afet Yönetim Bilgi Sisteminin (AKOMAYS) bir alt modülü olarak Meteoroloji Modülünde yer almakta ve olası bir afet öncesi ve anında ilgili birimler arasında anlık veri ve bilgi paylaşımını sağlamaktadır. Yukarıda ilk bölümde anlatılan Şehir Bilgi Sistemi'nin bir alt bileşeni olarak afetle ilgili tüm çalışmalar AKOMAYS içinde yer almakta ve sistem bu şekilde güncellenmeye devam edilmektedir.

### 1.2. Buzlanma erken uyarı sistemleri

Şehir içi ulaşımda özellikle önemli köprü ve viyadüklerde sonbahar ve kış aylarında oluşan gizli buzlanma şehir içi ulaşımı aksatacak boyutlarda zincirleme trafik kazalarına yol açabilmektedir. Bu tür durumlar özellikle yoğun kar yağışının olduğu durumlar ile henüz meydana gelmese de kışın oluşacak büyük bir deprem sonrasında arama-kurtarma ve yardım faaliyetlerinin önemli ölçüde aksamasına yol açabilecektir. Bu tür durumları engellemek amacıyla özellikle önemli karayollarında yollara kurulan algılayıcılar ile anlık sıcaklık ölçümleri yapılarak alınan değerleri veri merkezine iletilmekte ve akıllı bir yazılım ile bu bölgeler belirlenerek trafik duyuru panoları, online aplikasyon ve farklı ortamlardan ilgililer ve bu yolu kullanan ve kullanacak olan sürücülere uyarılar yapılmaktadır. Buzlanma tespit edilen güzergâh ve noktalar ilgili birimlere iletilerek acilen bu durumu ortadan kaldıracak solüsyon veya tuzlama yapılmakta ve ilgili sesli ve ışıklı uyarı tabelaları buzlanma olmadan önceki bölümlere konulmaktadır. Yağış ve buzlanmanın ulaşım ağı üzerindeki olumsuz etkileri, kritik noktalara kurulan Buzlanma Erken Uyarı Sistemi (BEUS) ile azaltılmaktadır. 2009 yılında AKOM tarafından 25 farklı noktada kurulan BEUS istasyonları, kış çalışmalarında sağladığı faydalar ve İstanbul'un genişleyen ulaşım ağı dikkate alınarak yaygınlaştırılmıştır. Halihazırda İstanbul'un ana ulaşım ağı üzerinde 60 adet BEUS sistemi bulunmaktadır. Sistem;

- Anlık yol ve hava durumu bilgilerinin DMS (Değişken Mesaj Sistemi), SMS ve internet vasıtası ile ilgililere iletilmekte,
- Ana ulaşım ağlarında oluşabilecek yağış ve buzlanmaların olumsuz etkilerini engellemek için, erken buzlanma zamanı ve kalınlığı tahmini ile yağış miktarı tespiti yapılmakta,
- Kar küreme araçlarının, buzlanma tahmin edilen bölgeye daha hızlı yönlendirilmeleri ve erken müdahaleleri sağlanmaktadır.

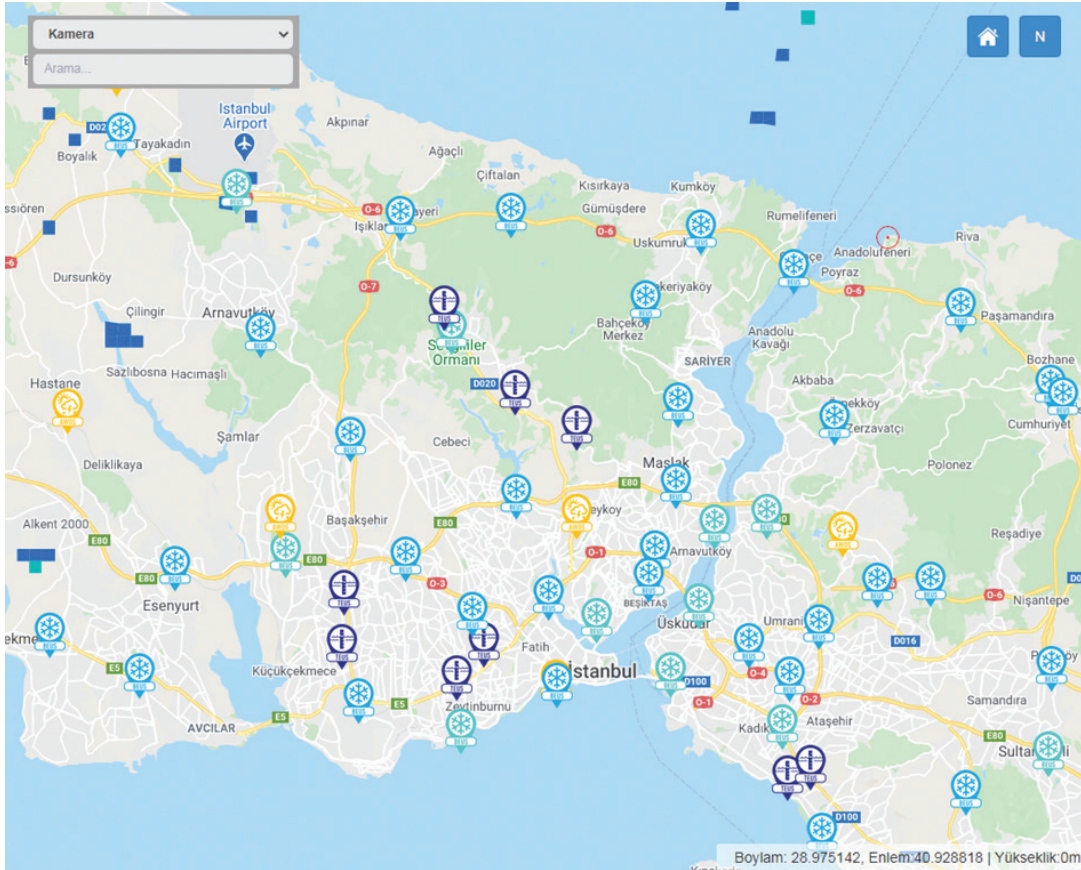
Enerji tasarrufu sağlaması ve örnek teşkil etmesi açısından projede alternatif enerji kaynakları (rüzgâr ve güneş enerjisi) kullanılmaktadır.

### 1.3. Taşkın erken uyarı sistemleri

Son dönemlerde gerek ülkemizde gerekse dünyada ani yağışlar şehirlerde seller oluşturmaya başlamış ve maalesef bu sellerde birçok insan hayatını kaybetmiştir. İstanbul'da yaşanan en son iki selden biri olan Ayamama deresi selinde 31 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 17 Ağustos 2019 yılında yaşanan selde ise 3 kişi boğularak ölmüştür. Selleri uyararak için kullanılan erken uyarı sistemlerden birisi meteorolojik erken uyarı sistemleriyken diğeri ise özellikle İstanbul'da bulunan kuru dereler üzerindeki köprü ve üst geçitlere kurulan taşkın uyarı algılayıcılarıdır. Bu algılayıcılar ile derelerdeki su seviyeleri ölçülerek tehlikeli bir seviyeye gelmeden önce gerekli uyarılar merkeze iletilerek ilgili birimlerin teyakkuza geçirilmesi sağlanmaktadır. Tehlike uyarısı benzer şekilde o güzergahı kullanacak sürücü ve

yayalara da farklı mecralarla duyurulmaktadır. TEUS (Taşkın Erken Uyarı Sistemi), 2009 yılında İstanbul'da yaşanan sel felaketi sonrası İstanbul Büyükşehir Belediyesi AKOM ve İSKİ tarafından kuvvetli yağışlar neticesinde oluşan sel ve taşkınlar sonucunda meydana gelebilecek can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi amacıyla yönelik kurulmuştur. TEUS, meteorolojik uydu ve radar verileri, hava tahmin modelleri, akım gözlem istasyonları verileri vb. birçok veriyi kullanarak taşkın hesabı yaparak olası bir taşkını 1 ila 3 saat öncesinden derenin hangi noktasında taşacağı bilgisi ile birlikte ilgililere iletmektedir.

Şekil 4 ile gösterilen haritada 5 dere üzerine 10 adet akım gözlem istasyonu ile pilot proje olarak kurulan TEUS'un İstanbul genelinde şehir içinde kalmış derelere uygulanması için AKOM ve İSKİ ortak çalışmaları sürdürmektedir.



Şekil 4. İstanbul'da AKOM ve İSKİ iş birliği ile taşkın erken uyarı sisteminin kurulduğu dereler.

### 1.4. Hava Kalitesi Erken Uyarı Sistemleri

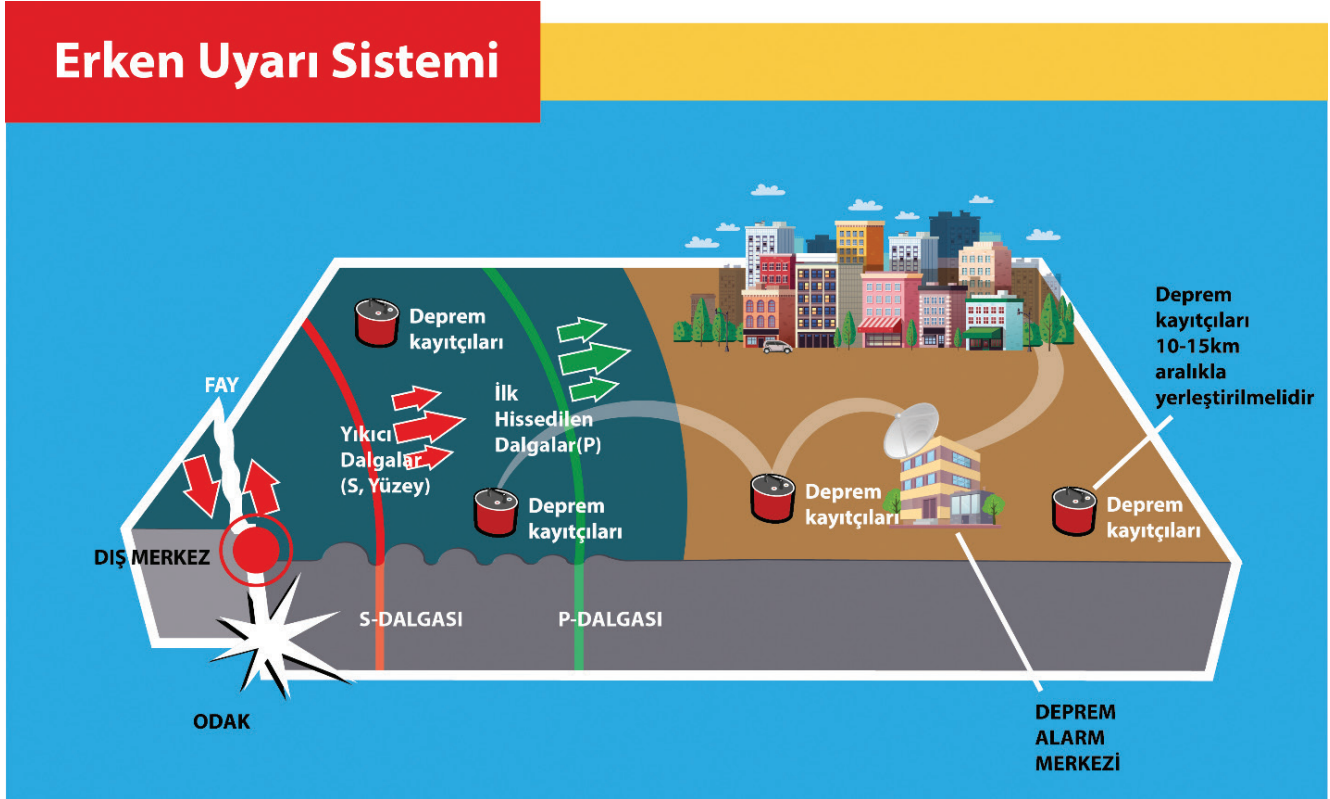
Özellikle şehirlerde yoğun egzoz gazı ve sanayi tesislerinde havaya yayılan kirleticiler şehrin hava kalitesini ölçmektedir. Sonbahar ve bahar aylarında oluşan sis ve pus olaylarında kirli havanın şehirde birikmesini sağlayarak insan sağlığını tehdit eden boyutlara getirebilmektedir. Bu nedenle özellikle şehirlerde mevcut havanın içeriği, oksijen oranı, CO2 ve havadaki zararlı partiküller ile kükürt vb. zehirli bileşenlerin sürekli ölçülerek olası tehlikeli durumlarda uyarılar

verilerek özellikle astım ve üst solunum yollarında problemleri olan vatandaşların ve bebeklerin dışarıya çıkmalarını engelleyecek duyarular yapılması gerekir. İstanbul'da zaman zaman bu ölçümler yapılmakta ama sürekli ve erken uyarı sistemi şeklinde çalışan bir sistem henüz kurulmamıştır. İBB bu konuda çalışmaktadır. Bu tür ölçümlere ait iyi bir uygulama örneği olarak Makedonya'nın Üsküp kentinde yapılan online ölçümler verilebilir. Ayrıca İBB 1985 yılından beri bu tür ölçümleri mobil ölçüm cihazlarıyla yapmaktadır.

## 2. Deprem Erken Uyarı Sistemleri

Ülkemiz son 122 yılda meydana gelen hasar yapıcı depremler açısından dünyanın en tehlikeli dördüncü ülkesidir. Her yıl ortalama 1000'e yakın insanımız depremlerden hayatını kaybetmekte ve milyonlarca lira ekonomik kayıp oluşmaktadır. Depremi önceden tahmin etmek dünyada 1950'li yıllardan beri yoğun olarak sürdürülen çalışmalar olmasına rağmen bu yönde önemli bir ilerleme kaydedilememiştir. Bu çalışmalar halen dünyada araştırma safhasında devam eden çalışmalaradır. Bu çalışmalar sürerken dünyanın belli başlı tektonik kuşaklarında yıkıcı depremler olmaya devam etmekte ve büyük ölçüde maddi kayıp ve can kaybına yol açmaktadır. Örneğin 2011 yılında meydana gelen Tohoku depremi (Mw9,0) ve sonrasında oluşan tsunami 18000'den fazla kişinin hayatını kaybetmesine ve 220 milyar dolarlık bir öz kaynağın kaybına yol açmıştır. Benzer şekilde ülkemizde meydana gelen son deprem Elâzığ depremi olup 53 kişinin ölüme yol açmıştır. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde ise 18343 kişi ölmüş, anlık öz kaynak kaybı ise 12 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir (AFAD web sitesi). Ayrıca, aletsel büyüklüğü 7,0 olan bir depremin artçıları en az 2 yıl sürmekte ve hissedilir artçı deprem (Mw4,0 ve daha büyük depremler) sayısı 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde 130 kadardır (Kandilli Rasathanesi ve Deprem

Araştırma Enstitüsü web sitesi). Bu deprem ve artçı depremleri bölgede gerek yarattığı can kayıpları gerekse ekonomik kayıp olarak önemli bir milat oluşturmuştur. Depremlerin zararını azaltabilecek çalışmaların en başında deprem erken uyarı sistemi ve acil müdahale sistemleri gelmektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere deprem ve tsunami erken uyarı sistemleri diğer bölümlerde anlatılan meteorolojik erken uyarı sistemleri gibi olay öncesinde bir uyarı sağlamayan; ancak olay olduktan sonra devreye girebilen sistemlerdir. Bu konu toplumda en çok karıştırılan konu olup deprem erken uyarı sistemlerini deprem önceden belirleme sistemi gibi algılanması çok yaygın ve yanlış bir kanıdır. Aşağıda Şekil 5'te verilen grafikte gösterildiği üzere şehrin farklı noktalarına kurulan deprem kayıtçıları ile depremin hız ve ivme bilgisi çevrimiçi kaydedilerek depremde oluşan ilk dalga olan P dalgasından depremin oluş yeri, büyüklüğü ve ivmesi elde edilerek; şehre yıkıcı dalgalar olan S ve yüzey dalgaları gelmeden elektrikleri kesmek, doğalgaz vanalarını kapatmak; tren, metro vb. hareketli sistemleri yavaşlatmak veya durdurmak ile büyük katlı yapılarda asansörleri katlara çekmek, elektronik turnikeleri açarak güvenli tahliyeyi sağlamak ve büyük sanayi işletmelerinde kritik makine ve teçhizatı durdurmak veya park etmek amacıyla sinyal oluşturulmasına denir.



Şekil 5. Deprem erken uyarı sisteminin şematik gösterimi. Deprem iç merkezi odak olarak gösterilmiştir. En hızlı ilerleyen dalgalar ilk dalga (P) olarak, daha düşük hızla ilerleyen ikincil dalgalar (S) ve üçüncül olarak en yavaş dalgalar yüzey dalgası olarak gösterilmiştir (Barış vd, 2022' den alınmıştır).

Deprem erken uyarı sisteminde faya çok yakın ve şehir içi ve civarında yerleştirilen hızölçerler (sismometre) ile ivmeölçerler (kuvvetli hareket kayıtçıları) depremleri anlık olarak izlemektedirler. Herhangi bir sarsıntı kaydettiklerinde veri merkezinde bulunan akıllı bir yazılımla ilk dalgaların en başındaki 3 saniyelik bölümden depremin yeri ve büyüklüğünü belirleyerek, ivme istasyonlarında kaydedilen ivme değerlerine göre otomatik olarak alarm sinyali üretmektedirler. Bu sistemde üretilen alarm seviyesi meydana gelen depremin büyüklüğüne, şehirden olan uzaklığına, depremin derinliğine ve depremin o istasyonlarında ölçülen ivme değerlerine göre farklı seviyelerde alarm sinyali üretmekte ve farklı şekillerde reaksiyonlar veya operasyonlar başlatılmaktadır. Örneğin ivmenin çok yüksek olduğu bölgelerde doğalgaz vanalarını kapatmak ve çelik borulardaki gazı havaya boşaltmak; tren, metro ve hızlı treni durdurmak kararı alınırken; ivmenin orta seviyede olduğu bölgelerde sadece doğalgaz vanasını kapatmak veya trenlerin hızını yavaşlatmak yeterli olabilir. İvmenin düşük olduğu yerlerde herhangi bir doğalgaz kesilmesine gereksinim duyulmayabilir. Bu tür eşik değerler ve seviyeler bu sistemi kullanan her kurum ve işletme için ortaklaşa karar verilerek belirlenmelidir. Özellikle bu tür deprem erken uyarı sistemleri Valilik bünyesinde çalışan İl AFAD müdürlükleri veya AFAD tarafından işletilmesi gereken sistemlerdir. Bu tür sistemlerle elde edilen sinyallerin yanlış bir alarmında şehrin elektriğinin kesilmesi veya doğalgaz vanalarının kapatılması gibi çok büyük sorunlar yaratacak durumlar için yasal bir otoritenin kararı ve sorumluluğu gerekmektedir. Bu nedenle bu tür sistemler AFAD denetiminde işletilmelidir. Ancak, büyük sanayi kuruluşları, tehlikeli madde depolayan veya işleyen fabrikalar, tesisler ise kendi bünyelerinde kuracakları ivmeölçerlerin sinyalini AFAD tarafından işletilen sisteme entegre ederek alarm sinyali oluşturulduğunda kullanıcı olarak bu sistemin bir parçası olmalıdırlar. Benzer şekilde il ve ilçe belediyeleri illerinde kurulacak bir deprem erken uyarı sistemine satın alacakları cihazları belediye hizmet binaları, önemli köprü, viyadük veya üst geçit gibi kritik yapıları konumlandırarak erken uyarı sisteminin güvenilirliğini ve çözüm kalitesini artırma çabalarına ortak ve destek olmaları önerilir. Merkezi hükümet, yerel yönetimler ve büyük işletmelerin ortaklığı ile o il ve ilerde de o bölge veya ülke genelinde kurulacak deprem erken uyarı sistemindeki istasyon sayısı artarak sistemin çok daha güvenli deprem alarmı üretmesi sağlanabilecektir. İlerleyen bölümde anlatılacak olan acil müdahale sistemi artan deprem istasyon sayısı ile çok daha ayrıntılı ve hızlı hasar dağılımının belirlenmesine sağlayacaktır. Dolayısıyla, hasar gören köprü, kapanan yollar veya yıkılan üstgeçit veya köprü bilgisine çok daha hızlı erişilerek alternatif güzergâhların belirlenerek acil müdahalenin çok daha hızlı yapılmasını sağlayarak olası can kayıplarını azaltacaktır. Halen ülkemizde kurulu bulunan iki adet deprem erken uyarı sistemi İstanbul ve Bursa illerinde çalıştırılmaktadır. İlerleyen bölümde bu uygulamalara kısaca değinilecektir.

Deprem acil müdahale sistemi ise erken uyarı sistemi ile entegre çalışan bir sistem olup olası bir depremde şehir içinde meydana gelebilecek hasar dağılımının hızlı ve ayrıntılı bir şekilde elde edilmesini sağlar. Şehir içinde kurulu bulunan ivmeölçerler ile elde edilen

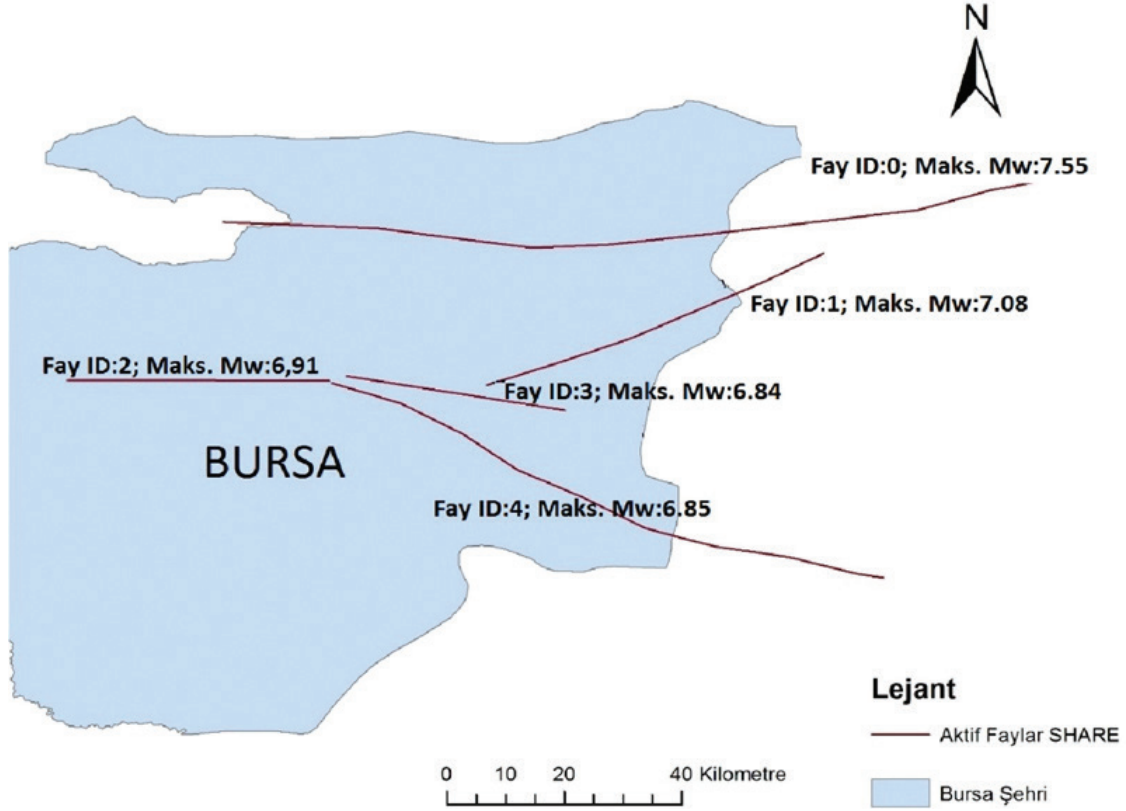
ivme değerleri, zemin bilgisi ve şehrin bina envanteri bir araya getirildiğinde kullanılan bir algoritma ile şehirde oluşabilecek hasar çok hızlı ve ayrıntılı bir şekilde elde edilebilmektedir. Acil Müdahale Sistemi, şehrin tüm ayrıntılı hasar dağılımını afeti yöneten valinin kullanımına sayısal haritalar olarak sunarak ağır hasarlı bölgeleri sokak sokak mahalle mahalle göstermekte; kapanan yollar ve göçen körü ve viyadük bilgisi ile yangınların oluştuğu yapıların bile hızlı bir şekilde belirlenebilmesine olanak sağlayan sistemlerdir. Bu sayede ilk müdahalecilerin hasarın en yoğun olduğu bölgelere alternatif güzergâhlardan sevk ederek acil müdahale sayesinde olası ölümlerin ve ekonomik kayıpların oranı azaltılabilmektedir. Bu konuda AFAD RED depremin şiddetini ve ivme değerini hesaplamaktadır. Deprem erken uyarı sistemimiz, bölge için elde edilecek zemin ve bina envanteri ile entegre edilerek ileriki dönemde Bursa için bir acil müdahale sistemine geçilmesi planlanmaktadır. Bu sistem halen İstanbul için yapılmıştır.

### 2.1. Doğalgaz Kesme Sistemleri

Şehirlerde kurulu bulunan doğalgaz dağıtım şirketleri hasra yapıcı bir deprem anında çelik gaz dağıtım borularında oluşacak bir kırılma veya kopma neticesi meydana gelecek patlama ve yangınlar ile hasarlı yapıların ana bölge regülatörlerine vereceği zararlı oluşabilecek yangınların önüne geçebilmek amacıyla kuvvetli bir deprem sırasında ana regülatörlerdeki vanaları kapatarak, gerektiğinde çelik borulardaki basıncı düşürerek gazı havaya boşaltma neticesinde oluşabilecek patlama ve yangınların önüne geçmeyi hedeflemektedir. Bu tür sistemlerde özellikle ana regülatörler olduğu noktalara kurulan ivmeölçerler vasıtasıyla bu noktaların sürekli sarsıntı durumu izlenmekte ve olası büyük bir deprem sonrası belirlenen eşik seviyelerin aşıldığı ivme durumlarında doğalgaz vanasını kapatmak, gazı havaya boşaltmak veya ivmenin düşük olduğu durumlarda ise herhangi bir güvenlik önlemi almadan gaz verme hizmetini sağlamaya devam edecek bir kara mekanizması oluşturma çabası içindedirler. Temel amaç, olası hasar yapıcı bir deprem sırasında şehrin tamamının doğalgazını kesmek yerine ana bölge regülatörlerine özgü ivme değerlerini belirleyerek eşik ivmelerin aşıldığı yani ağır hasarın beklendiği bölge regülatörlerini kapatarak bu regülatörlerin belirli bir yöresindeki vanaları kapatma, ivmemin düşük olduğu yani hasar veya patlama riskinin az olduğu bölgelerde ise gazı kesmeyerek hattın gaz akışını bozmayacak şekilde devam etmesini sağlamaktır. Bu durum özellikle soğuk ve karlı havalarda büyük önem arz etmektedir. Öte yandan olası bir afet durumunda şehrin tüm doğalgaz vanalarının kesilmesi afet sonrası gazın açılması için gereken teknik kontrollerin tek tek abone abone yapılması gerektirdiğinden çok uzun süren bir iş yükü oluşturacak belki aylarca bu şehre gaz verilemeyecektir. Bu nedenle özellikle bu tür sistemlerde herhangi bir yanlış alarm neticesi oluşacak gaz kesme işleminin mutlaka birden fazla kriterle karar verilmesi ve sistemin algoritmasının çok hassas bir şekilde şirket uzmanları ile birlikte oluşturulması gerekmektedir. Tıpkı deprem erken uyarı sistemi gibi bu tür bir sistemde halen iki farklı şehrimizdeki doğalgaz dağıtım şirketi tarafından hayata geçirilmiştir. Önerimiz, özellikle aktif fay kuşakları üzerinde yaşayan

diğer tüm şehirlerimizdeki doğalgaz dağıtım şirketlerinin de kendi kentlerinde benzer sistemleri devreye alarak abonelerinin can güvenliğini ve şebekelerinin emniyetini ve altyapısını korumaya çaba göstermeleridir. İlerleyen bölümde bu tür bir sistemin iyi uygulama örneği kısaca anlatılacaktır.

Erken Uyarı ve Doğalgaz Kesme Sistemlerine Ait İyi Uygulama Örneği Bursa, deprem riski oldukça yüksek olan ve şehri tehdit eden büyük deprem üretebilecek 5 fayın ortasında ve üzerinde bulunan bir kenttir (Şekil 6).

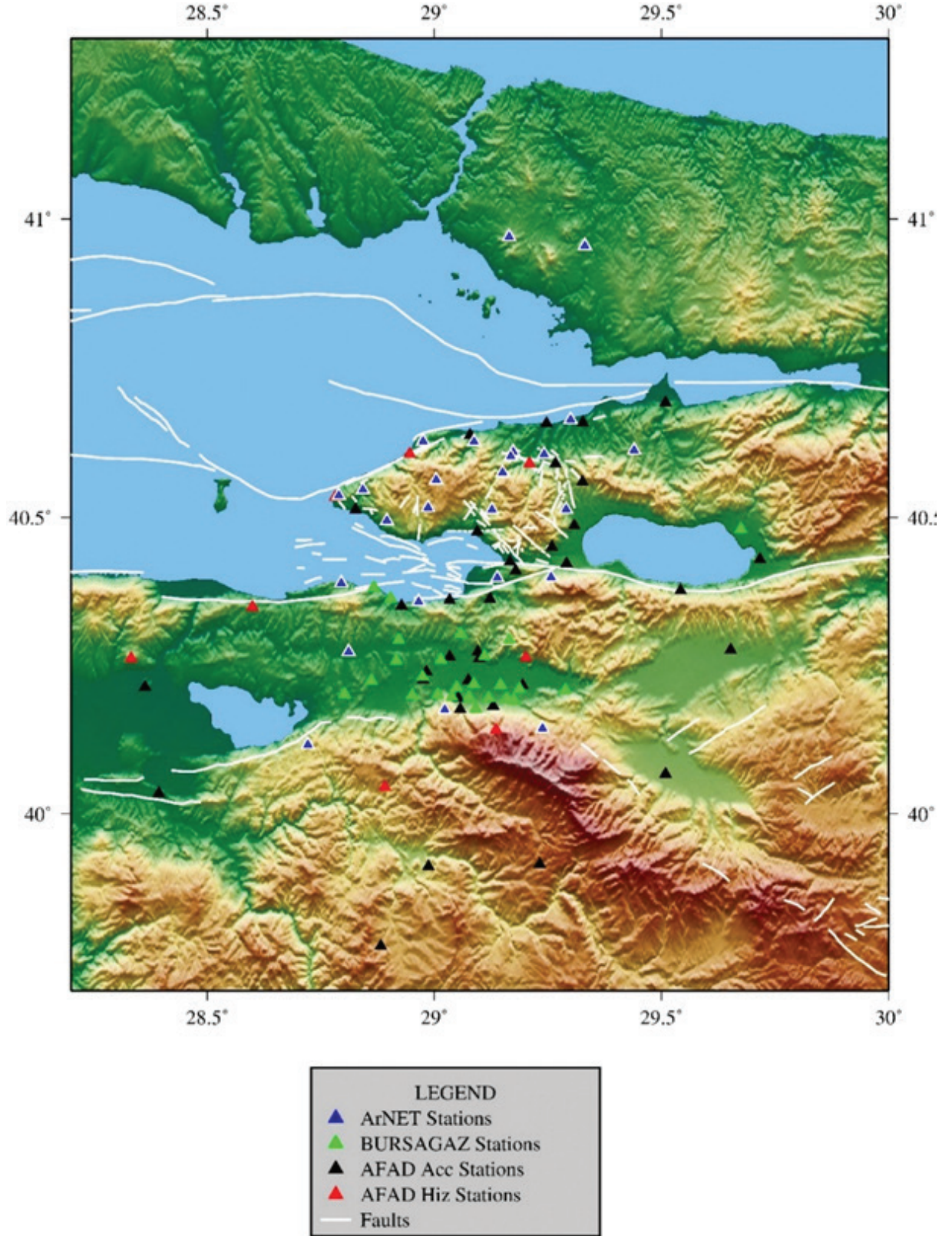


Şekil 6. Bursa aktif fay haritası ve oluşabilecek bir depremde beklenen en büyük aletsel büyüklükler (SHARE Projesi, 2013).

Deprem zararlarını azaltmak amacıyla Bursagaz AŞ, 2013 yılında olası bir hasar yapıcı depremde oluşabilecek patlama ve yangınların önüne geçmek amacıyla bir acil uyarı sistemi kurmayı planlamış ve bu istem için gereken adımları atarak ilk evrede şehir içindeki fayın etrafına 10 adet, daha sonra yine farklı fayların yakın civarındaki bölge regülatörlerine 15 adet ivmeölçer kurduşturmuştur. Acil uyarı sisteminde bölge regülatörlerindeki kurulan ivmeölçerler Bursagaz AŞ merkezine kurulan bir donanım ve algoritmaya bu verileri sürekli olarak göndermektedir. Sistem ayrıca KOÜ YUBAM tarafından Bursa ve civarında işletilen ArNET deprem ağına ait 27 deprem istasyon verisi ve 6 adet ivmeölçer verisi ile bütünlüğe hale getirilerek, Bursa ve 200 km civarında olabilecek her seviyedeki depremi kaydetmeye, depremlerin yerini ve büyüklüğünü otomatik olarak çözecek şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan algoritma ise kaydedilen her eşik seviyesi ve üzerindeki depremler için alarm sinyalleri üretmek e-posta listesinde bulunan tüm kullanıcılara deprem bilgisini ve alarm sinyalini göndermektedir. Sistem 2014 yılından itibaren çalıştırılmaktadır. Kurulan algoritma 3 farklı eşik ivmeye göre hareket etmektedir

ve düşük ivmelerde ise herhangi bir gaz kesme işlemi yapmamakta, orta ivme değerlerinde sadece o bölge regülatöründeki vana kapatılarak herhangi bir gazı havaya boşaltma işlemi yapılmamaktadır. Üçüncü eşik seviyesinde ise yüksek ivmenin görüldüğü regülatör ile onun 1 km çevresindeki tüm vanalar kapatılarak çelik borulardaki gaz havaya boşaltılmaktadır. Vanaların kapatılma işlemi şirkette kurulu bulunan SCADA sistemi vasıtasıyla yapılmaktadır.

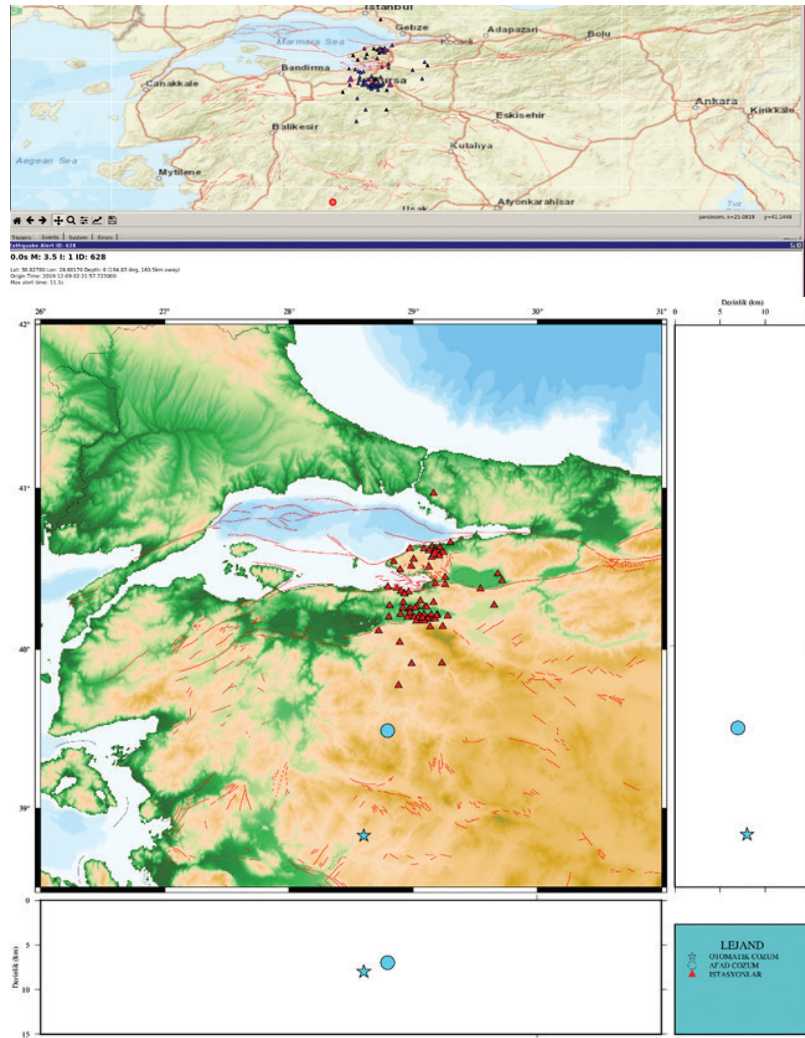
Algoritma aynı zamanda kaydettiği depremin en büyük ivme, en büyük hız ve en büyük yer değiştirme değerlerini tüm istasyonlar için hesaplayarak şehrin tamamı için benzer haritalar ve hasar dağılım haritaları oluşturmaktadır. Ayrıca, sistem her gün 7,0'dan büyük bir depremle test edilerek olası hatalı ve yanlış uyarı ve kapanmaların önüne geçilmektedir. Son iki yıllık dönemde ayrıca eş zamanlı saha testleri yapılarak algoritmanın güvenilirliği test edilmiştir. Şekil 7 ile Bursagaz AŞ ve ArNET'e ait deprem istasyon dağılımı gösterilmektedir. Bu iki sistem aynı zamanda Bursa Deprem Erken Uyarı Sisteminin çekirdeğini oluşturmaktadır.



**Şekil 7.** AFAD, Bursagaz AŞ ve ArNET ağlarına ait birleştirilmiş deprem istasyonların dağılım haritası (2019-2022). Ölçekte deprem istasyonları farklı renkli geometrik şekillerle gösterilmiş, beyaz çizgiler ise bölgedeki aktif fayları göstermektedir (Barış vd. 2022'den alınmıştır).

AFAD tarafından sürdürülen Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) bünyesinde sunduğumuz bir proje önerisi ile Kocaeli Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi ve AFAD iş birliği ile Bursa ve civarı için deprem erken uyarı sistemi kurulmuş ve işletilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda 3 farklı deprem ağı tek donanım ve yazılımla birleştirilerek ABD Kaliforniya'da başarı ile kullanılan Elarms Deprem Erken Uyarı algoritması proje ekibimiz tarafından Bursa için kurulmuştur. Yazılımda 2022 yılında yapılan yeni güncellemelerle EPIC adı verilen algoritma test edilmiş ve halen gerekli eğitimler AFAD personeline verilmektedir. Sistem, Ocak 2023 tarihinden itibaren AFAD tarafından devir alınarak kullanımına geçilecektir. Bursagaz AŞ için kurulan doğalgaz vanalarını olası bir yıkıcı deprem sonucunda kapatacak sisteme ait deprem istasyonlarına AFAD ulusal deprem ağına ait önce Bursa ve yakın civarı, daha sonra ise Marmara Bölgesi ve Ege Bölgesi'ndeki tüm hız ve ivmeölçerler entegre edilerek kapsamlı bir deprem ağı oluşturulmuştur. Erken uyarı yazılımı iki paralel

sunucu bilgisayarda eş zamanlı olarak kurulmuş hem sürekli hem de bölgede proje çalışmasından önce meydana gelmiş binden fazla deprem sistem tarafından kaydedilerek bu depremlere ait alarm sinyalleri başarılı bir şekilde oluşturulmuştur. Sistemin bölgeye özgü parametreleri tarafımızca belirlenmiş ve bölgeye özgü aletsel büyüklük formülü geliştirilmiştir. Kurulan erken uyarı sistemi ulusal ağlardan bağımsız olarak depremin büyüklük ve konum bilgisini otomatik olarak hesaplayarak, her bir deprem için en kısa sürede erken uyarı alarmı oluşturmaktadır. Sistem, gerek Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) gerekse AFAD'ın çözümleri ile büyük bir uyum içinde depremleri çözmektedir. Sistem tarafından oluşturulan her uyarı sinyali ve deprem bilgisi, sistemde kayıtlı bulunan kullanıcılara, kurum temsilcilerine ve listeye eklenecek yeni kullanıcılara e-posta olarak bildirmekte ve depremin dışmerkezine ait harita ile diğer tüm bilgileri göndermektedir. Sistem tarafından kaydedilmiş bir depreme ait örnek Şekil 8 ile aşağıda verilmektedir.



**Şekil 8.** Dursunbey Depremi EPIC ekran görüntüsü (ML3.1). (alt) Dursunbey depreminin EPIC ve AFAD lokasyon haritası. Kırmızı üçgenler sistemde kayıtlı bulunan deprem istasyonlarını, mavi renkli daire AFAD deprem çözümünü, mavi yıldız ise Bursa Deprem Erken Uyarı Sisteminde kullanılan EPIC algoritmasının otomatik deprem çözümünü göstermektedir (Barış vd. 2022'den alınmıştır).

### C) Tsunami Erken Uyarı Sistemi

Deniz tabanında meydana gelen bazı depremler çukurlardaki helyelan ve düşey yer hareketleri neticesinde tsunami dalgaları yaratabilmektedir. Özellikle Marmara'da tarihsel dönemde olmuş bazı depremlerde ve 1999 Kocaeli depremi sırasında tsunami oluşmuştur. KRDAE her aletsel büyüklüğü 5,5 ve daha büyük bir deprem için tsunami analizi yaparak deprem sonrası tsunami potansiyeli bulunan depremler için bir tsunami uyarısı yapmaktadır. İstanbul için de benzer bir modelle çalışması yapılmış ve olası senaryolar İBB web sitesinde ayrıntılı olarak yer almıştır. Benzer çalışmaların denize kıyısı olan tüm şehirler için yapılması önerilir. Tsunami dalgalarının beklenen su seviyesinden daha yüksekli yerlere çıkılması uyarısının halka anonsa ve kısa mesajlarla duyurulması çok önemlidir. Ayrıca,

halkın tsunami olması durumunda güvenli toplanma alanlarına gidebilmesi için kıyılarda ve yollarda tsunami uyarı levhaları konumlandırma çalışmasının AFAD il müdürlükleri ile birlikte yapılmalıdır. Tüm bu çalışmaların o ilçedeki tüm kamu kuruluşları ve STK'lar ile birlikte yapılması ve o ilçede yaşayan ve geçici olarak o ilçeyi ziyaret edecek kişilere de bilgi verilmesi, ne yapılacağı konusunda da eğitimlerin yapılması gereklidir. Tsunami farkındalığı için gerekli kaçış güzergahlarının oluşturulması, kaçış yollarına yol gösterici tabelalar yerleştirilmesi ve tsunami tahliye tatbikatı gerçekleştirilmesi gibi adımlar Büyükçekmece ilçesinde İBB tarafından yapılmış olup, tsunami riski yüksek diğer ilçelerde de bu çalışmalar devam etmektedir. Yapılan bu çalışmaların yerel halka ve o ilçeyi ziyaret eden kişilere eğitimlerle duyurulma çalışmaları ise planlanmıştır.

## Sonuçlar

Bu çalışmada Akıllı Şehir kavramı tanımlanarak afet risk azaltılmasında Erken Uyarı Sistemleri ve Akıllı Şehir uygulamalarına ait bazı iyi örnek uygulamalara yer verilmiştir. Günümüz Akıllı Şehir teknolojisi ile şehirler sahadan gelen verinin bilgisayar ortamında kurulan şehir modeli üzerine uyarlanması, dijital ikizin sağlanması ile olası bir afet öncesi afet tehlike senaryolarının yapılmasına, olası risklerin belirlenmesine ve risk azaltıcı önlemlerin alınmasına imkân tanımaktadır. Ayrıca, yine günümüz akıllı şehir teknolojisi olası bir afet tehlikesi anında otomatik karar verme mekanizmasının devreye girmesine, en doğru ve güvenilir kararın verilmesine imkân sağlamaktadır. Kalabalık kentlerde en önemli uygulamalar akıllı teknolojileri kullanarak meteorolojik olayların önceden haber verilmesi ve alınan önlemlerle bu olayların zararlarının azaltılması çabalarıdır. İllerde oluşacak meteorolojik şartların yerel ölçekte ve ilçe bazında da sürekli izlenerek hava olaylarının ani değişimleri öncesi ilgili görevli birimlere ve vatandaşlara uyarı verilmesi, olayın zararlarını azaltan çok önemli uygulamalardır. Bu kapsamda İBB'nin yaptığı yerel hava gözlem çalışmaları, bazı karayolları ve viyadüklerde kurulan buzlanma uyarı sistemleri ile kuru dereler üzerinde İSKİ ile birlikte kurduğu taşkın uyarı sistemleri olayların afete dönüşmemesi için yapılmış bazı önemli çalışmalardır. Bu tür erken uyarı sistemlerinin benzer şekilde afete maruz diğer kentlerde iyi uygulama örneği olarak kullanılması oluşabilecek afetlerin zararını azaltacak önemli adımlardır. Makedonya'nın Üsküp şehrinde yapılan sürekli hava kalitesi ölçümü akıllı uygulaması da özellikle hava kirliliğinin alarm verdiği kentlerde yapılması gereken diğer bir iyi uygulama örneği olarak dikkat çekmektedir.

Olası hasar verici bir deprem anında ikincil afetin önlenmesine yardımcı olacak erken uyarı ve doğalgaz kesme sistemleri çalışma kapsamında örnek uygulama çalışmaları olarak verilmiştir. İstanbul'da İGDAŞ, Bursa'da ise Bursagaz AŞ doğalgaz ana regülatörlerine ivmeölçer sistemleri kurularak hasar yapıcı bir deprem sırasında sistemlerinde kurulu bulunan SCADA altyapısı ve oluşturulan algoritma ile vanaları kapatmakta, oluşan ivmenin yüksek olduğu durumlarda ise çelik borulardaki doğalgazı havaya boşaltmaktadır. Eşik ivme

değerinin orta seviyesinde sadece o bölgedeki vanalar kapatılarak herhangi bir gaz havaya boşaltılmamaktadır. Düşük ivmelerin kaydedildiği bölgelerde ise herhangi bir vana kapatma işlemi gerçekleştirilmemektedir. Ülkemizdeki tüm şehirlerde bulunan doğalgaz dağıtım şirketlerinin deprem güvenliği ve oluşabilecek yangın, patlama gibi ikincil afetlerin önüne geçebilmeleri için kendi dağıtım şebekelerine de benzer acil uyarı sistemleri kurmaları gerekir. Bu sayede oluşabilecek yangın ve patlamaların sayısı azaltılarak olası can kayıpları ile ekonomik zararların azaltılmasına katkı koymaları hayati öneme sahiptir. 2002 yılında İstanbul'da kurulu bulunan Acil Müdahale ve Erken Uyarı sistemi KRDAE tarafından işletilmektedir. Bu sistem sayesinde şehirde deprem sonrasında oluşacak hasar çok hızlı bir şekilde belirlenerek afeti yöneten valinin önüne hasar dağılım haritası, kapanan yollar vb. bilgiler hızlı bir şekilde görsel olarak sunulmaktadır. Deprem erken uyarı sistemi sayesinde ise tren, metro vb. hızlı sistemlerin yavaşlatılması, durdurulması, elektrik ve doğalgazın binalarda kesilerek olası yangınların ve olumsuz durumların önüne geçilmesi; sanayi tesislerinde çalışan hareketli cihazların durdurulması veya güvenli hale getirilmesi, yüksek katlı binalardaki turnikelerin açılması gibi işlemlerin yapılmasını sağlayacak erken uyarı sinyali üretilmektedir. Benzer bir çalışma Kocaeli Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi ve AFAD iş birliği ile Bursa ilinde kurulmuş olup 2023 yılı başında bu sistemin devreye alınması planlanmaktadır. Bu sistem ulusal ağlardan bağımsız olarak deprem çözümü yapmakta ve aynı zamanda doğalgaz acil uyarı hizmetini de eş zamanlı olarak gerçekleştirmektedir. Bursa için kurulan deprem erken uyarı sistemi henüz acil müdahale sistemi olarak çalışmamakta ancak AFAD ile yapılacak ortak çalışmalar sonucunda AFAD RED yazılımı ile entegre edilerek yakın gelecekte Acil Müdahale sistemi olarak ta çalıştırılması planlanmaktadır. Bu tür bir sistem için gerekli olan bina ve nüfus envanter bilgileri ile zemin bilgisi toplanması Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından halen sürdürülen çalışmalar olup tamamlandığında acil müdahale sistemine entegre edilmesi planlanmaktadır.

Yıkıcı depremler kentlerde bina yıkımlarının yanı sıra baraj ve gölet



gövdelerinde oluşacak yıkımlar nedeniyle sellere, yangınlara, heyelanlara; kıyı kentlerinde oluşan depremlerde de zaman zaman tsunamilere yol açmakta ve bu tsunami dalgaları şehirleri basmaktadır. Zaman zaman oluşan tsunami dalgaları ise can kayıplarına yol açmaktadır. Bu tür can kayıplarını engellemek amacıyla KRDAE ülkemiz civarında oluşan her M5,5 ve daha büyük bir depremde tsunami uyarı sinyali oluşturmaktadır. Denize kıyısı olan tüm yerel yönetimlerin illerinde tsunami riskini belirlemek amacıyla tsunami senaryo çalışmaları yaptırmaları, elde edilen su seviyesi yükseklikleri ve su basma uzaklıklarının belirlenerek vatandaşları için tsunami kaçış güzergahlarını belirlemeleri elzemdir. Bu tür bir çalışma İBB tarafından İstanbul için yaptırılmış olup belirlenen tsunami kaçış güzergahlarının bilgilendirme tabelaları dikilme işlemi devam etmektedir. Bu çalışmalar Büyükçekmece ilçesinde tamamlanmış olup kaçış güzergahları belirlenmiş ve bu ilçedeki güvenli alanlara erişim yolları tsunami uyarı tabelaları ile donatılmıştır. Bu çalışma AFAD İl müdürlüğü, İBB ile KRDAE tarafından da bir tsunami tatbikatıyla denenmiştir. Bu çalışmalar diğer ilçelerde de İBB tarafından sürdürülmektedir. Bundan sonra yapılması gereken en önemli

çalışma tsunami riskinin ve yapılması gereken güvenli tahliyenin halka farklı eğitim ve yöntemlerle bilgilendirilmesidir. Benzer çalışmaların kıyası olan tüm kentlerimizde uygulanması deprem risklerini azaltacak diğer önemli çalışmalardır.

Bu çalışma afet risklerini azaltmak amacıyla kullanılan bazı iyi erken uyarı sistemleri ve uygulamalarını özetlemektedir. Gerek burada sunulan iyi uygulama örnekleri gerekse akıllı şehirlerde uygulanan diğer akıllı sistemler ve uygulamalar mutlaka bu çalışmanın başında tanımlanan şehir bilgi sistemleri ile entegre olacak şekilde planlanması gerekmektedir. Bu nedenle akıllı şehir felsefesi ile akıllı sistemleri kurmak isteyen kentlerin mutlaka kendi şehirleri için bilgi sistemleri kurarak yapılan her uygulamayı bu sistemin bir bileşeni olarak planlamaları yapılan çalışmaların verimini ve etkinliğini artıracaktır. Önerimiz tüm akıllı şehir uygulamalarının şehir bilgi sisteminde yer alması ve elbette bu şehir bilgi sistemlerinin dijital ikiz ve benzeri güvenlik sistemleri ile de yedeklenmesi özellikle siber saldırılar, savaş ve afetlerde hayati öneme sahip olacağıdır.

(Bu çalışmanın hazırlanması aşamasında yaptıkları akıllı çalışma uygulamalarını paylaşan İBB AKOM Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.)

## Kaynakça

- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>
- Barış, Ş., Zülfiyar, C., Tunç, B., Çaka, D., Tunç, S., Nof, R.N., Bozkurt, O., Kaman, G., Özsaç, V., Türkoğlu, M., Apak, A., Zünbül, S., Yıldız, H. M., Kırılılar, N., Aytakin, Y., Usta, S., Günel, C., Türkmen, T., Poyraz, M. (2022). Hasar Yapıcı Depremler İçin Acil Uyarı ve Müdahale Sistemi Geliştirilmesi ve Kurulması: Bursa Örnek Çalışması, UADP Proje Raporu, AFAD, Kasım 2022.
- Barış, Ş., Tunç, S., Kaman, G., Bozkurt, O., Çaka, O., Tunç, B., Woith, H., Lühr, B., "Automatic Shutdown System in Gas Regulators for Real-Time Seismic Risk Reduction of a Populated City: Bursa, Turkey", JpGU-AGU Joint Meeting 2017, Japonya (2017).
- Barış, Ş., Özdemir, N., Ergenç, N., Köse, A., Sert, H. (2020) "Akıllı Şehirlerde Afet ve Acil Durum Yönetimi, Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi, Eğitim Kitapçığı, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Barış, Ş., Özdemir, N., Ergenç, N., Köse, A., Sert, H. (2021) "Akıllı Afet ve Acil Durum Yönetimi Uygulama Rehberlik Kılavuzu, Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Biljecki, F. (2017). Level of detail in 3D city models. PhD thesis. Retrieved from <https://doi.org/10.4233/uuid:f-12931b7-5113-47ef-bfd4-688aae3be248>
- Cacace, F., Zuccaro, G., de Gregorio, D., & Perelli, F.L. (2018). Building Inventory at National scale by evaluation of seismic vulnerability classes distribution based on Census data analysis: BINC procedure. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 384-393. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.03.016>
- Calvi, G.M., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J.J., Restrepo-Vélez, L. F., & Crowley, H. (2006). Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. *ISSET Journal of Earthquake Technology*, 43(3), 75-104.
- Dameri, R. P. (2017). Urban Smart Dashboard. Measuring Smart City Performance. Retrieved from [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45766-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45766-6_4)
- Grünthal, G. (1998). European Macroseismic Scale 1998. European Center of Geodynamics and ... (Vol. 15).
- Lagomarsino, S., & Cattari, S. (2013). Seismic Vulnerability of Existing Buildings: Observational and Mechanical Approaches for Application in Urban Areas. In *Seismic Vulnerability of Structures* (pp. 1-62). Retrieved from <https://doi.org/10.1002/9781118603925.ch1>
- Lagomarsino, S., & Giovinazzi, S. (2006). Macroseismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4(4), 415-443. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024-z>
- Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., & Yousef, W. (2012). Modelling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660325>
- OECD. (2020). Do Smart Cities Benefit Everyone. Organisation for Economic Co-Operation and Development: Paris, France.
- SHARE Projesi Aktif Faylar ve Maksimum Deprem Büyüklükleri (SHARE, 2013) - <http://www.share-eu.org/>
- Vicente, R., Parodi, S., Lagomarsino, S., Varum, H., & Silva, J. A. R. M. (2011). Seismic vulnerability and risk assessment: Case study of the historic city centre of Coimbra, Portugal. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 9(4), 1067-1096. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10518-010-9233-3>
- Xu, Z., & Coors, V. (2012). Combining system dynamics model, GIS and 3D visualization in sustainability assessment of urban residential development. *Building and Environment*, 47(1), 272-287. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.012>
- AKOM web sayfası, [www.akom.ibb.gov.tr](http://www.akom.ibb.gov.tr), son erişim 5 Kasım 2022.
- AFAD web sayfası, <https://deprem.afad.gov.tr/home-page>, son erişim 11 Ağustos, 2002.
- Kandilli Rasathanesi ve DAE web sayfası, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/>, son erişim 11 Ağustos, 2002.



# Spor Bilimleri Fakültesinde Okuyan Öğrencilerin “Akıllı Şehir” ve “Erişilebilirlik” Kavramlarına İlişkin Metaforları

## Metaphors of the Students in the Faculty of Sport Sciences on the Concepts of “Smart City” and “Accessibility”

**Prof. Dr. Elif KARAGÜN**

Kocaeli Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Kocaeli, Türkiye  
e-posta: elif.karagun@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1974-4117

**Doç. Dr. Sevinç NAMLI**

Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye  
e-posta: sevinc.namli@erzurum.edu.tr  
ORCID: 0000-0003-0958-6792

### Öz

Bu çalışmanın amacı, spor bilimleri fakültesinde okuyan öğrencilerin “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramlarına ilişkin görüşlerini metafor yoluyla belirlemektir. Araştırma nitel tarama modelinde olup, uygulaması 2022-2023 öğretim yılı güz yarıyılında Erzurum Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Erzurum Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde tesadüfi yöntemle seçilen ve gönüllülük ilkesine uygun olarak araştırmaya katılan 119 öğrencinin doldurduğu anket formları incelendiğinde; formları yönergeye uygun ve eksiksiz dolduran toplam 103 öğrencinin anketleri araştırmaya dâhil edilmiştir. Araştırma için uygun görülen formlardaki sosyo-demografik özelliklerin yanı sıra, “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramları hakkında öğrencilerin geliştirdikleri metaforlar lisanslı olup olmama, takım ve bireysel spor yapma durumuna göre değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde betimsel çözümleme yöntemi kullanılmış, veriler sayısallaştırılarak tablolara aktarılarak değerlendirilmiştir. Farklı bölümlerde okuyan öğrencilerin kullandıkları metaforlar incelendiğinde; “akıllı şehir” kavramı için en fazla “Teknoloji Merkezi”, sonrasında “Telefon” ve “İnsan” metaforu ile ilişkilendirilerek açıklama yaptıkları tespit edilmiştir. “Erişilebilirlik” kavramı açısından ise; en fazla “Ulaşım Kolaylığı”, ardından “İnternet”, sonrasında ise “Telefon” metaforuyla ilişkilendirilerek açıkladıkları belirlenmiştir. Sonuç olarak; farklı bölümlerde okuyan öğrencilerin “akıllı şehir” için en çok “teknoloji merkezi” metaforu kullanırken; “erişilebilirlik” için en fazla “ulaşım kolaylığı” metaforu kullandıkları görülmüştür. Bu sonuçlar değişen teknolojiyle yalnızlaşan bireylerin ruh sağlığının korunmasında önerilen sosyal etkinliklerden biri olan spor eğitimini verecek öğretmen adaylarına yönelik akıllı ve erişilebilir şehir kavramları hakkında bilgilendirici faaliyetlerin yapılması önerisi uygun görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Şehirler, Erişilebilirlik, Üniversite Öğrencisi, Metafor, Beden Eğitimi ve Spor, Nitel Araştırma

### Abstract

The aim of this study is to determine the views of the students studying at the faculty of sports sciences on the concepts of “smart city” and “accessibility” through metaphor. The research is in the qualitative survey model and its application was carried out in the fall semester of the 2022-2023 academic year at Erzurum Technical University Faculty of Sport Sciences. For this purpose, 119 students, who were randomly selected from Erzurum Technical University Faculty of Sport Sciences, participated in the study in accordance with the principle of volunteerism. The questionnaires of a total of 103 students, who filled out the forms in accordance with the instructions and completely, were included in the study. In addition to the socio-demographic characteristics in the forms deemed appropriate for the research, the metaphors developed by the students about the concepts of “smart city” and “accessibility” were evaluated according to their sections and sports experiences. The descriptive analysis method was used in the analysis of the data, and the data were evaluated by digitizing and transferring them to tables. When the metaphors used by students studying in different departments are examined; It has been determined that for the concept of “smart city”, they make explanations by associating them with the metaphors in the category of “Technology Center”, then “Phone” and “Human”. In terms of the concept of “accessibility”; It was determined that they explained it by associating with the metaphors in the category of “Ease of Transportation”, then “Internet”, and then “Telephone”. As a result; While students studying in different departments mostly use the technology center metaphor for “smart city”; It has been observed that they use the metaphor of ease of transportation the most for “accessibility”. These results suggest that informative activities about smart and accessible city concepts for teacher candidates who will give sports education, which is one of the social activities recommended to protect the mental health of individuals who become lonely with the changing technology, were deemed appropriate.

**Keywords:** Smart Cities, Accessibility, University Student, Metaphor, Physical Education and Sports, Qualitative Research

## Giriş

Teknolojik gelişmeler, günlük kullanımlarının yanı sıra çevresel düzenlemelerle yaşamı kolaylaştıracak boyuta varan donanımlarla bir tür akıllı uygulamalar ve nihayetinde bütüncül olarak akıllı şehir uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gümümüzde yoğun görülen göçler, nüfus artışı vb durumlar şehirlerdeki problemlerin çözülebilmesi ve hizmetlerin ihtiyaca cevap verecek şekilde dağıtılmasını sağlayan aktörler arasındaki işbirliğini, yatay ilişkiler ve ortaklıkların çok daha önemli hale getirdiğinden söz edilmektedir (Köseoğlu ve Demirci, 2018).

Teknoloji ve dijitalleşme bir yandan bilginin açık hale gelmesini diğer yandan bilgi güvenliğini, özel hayatın gizliliği gibi tam tersine dikkat gerektiren bir noktada kişi ve kurumları olumsuz yönde etkileyebildiği de bildirilmiştir (Köseoğlu ve Demirci, 2018).

Bu teknolojik yeni gelişmeler de ekonomiyi, sosyal ve kültürel yaşamı, mimariyi, kentlerin hatta ülkelerin siyasi ve yönetim yapısını çok yönlü ve bütüncül bir değişime yönlendirebilmektedir. Bu değişim sürecini ifade etmek açısından da "akıllı şehir" (smart city) kavramı kullanıldığı belirtilmektedir. Akıllı şehir, bilgi ve iletişim yönünden teknolojinin sağladığı çözümleri bireyleri de merkeze alarak şehirde yaşayan tüm paydaşlarla katılımcı, açık ve sürdürülebilir kentlerin tasarlanarak yerel yönetim hizmetlerinin daha kaliteli ve sağlıklı sunulması için kalıcı politikalar oluşturularak uygulamaya geçirilmesini anlattığı belirtilmiştir (Köseoğlu ve Demirci, 2018: 41; Örselli ve Akbay, 2019: 230). Bu açıdan teknolojiye yer alan yenilikçi çözümlerin yönetsel açıdan ele alınmasını ve mevcut sorunların geniş paydaşlı katılımı ile çözüme ulaştırılmak üzere farklı yöntemlerle çözülmesi beklenmektedir. Akıllı şehir kavramı açısından bakıldığında artırılmış gerçeklik, giyilebilir teknoloji, bulut bilişim ve yapay zekâ gibi pek çok yenilikçi teknolojilerin akıllı şehir uygulamaları içerisinde yer aldığı görülmektedir.

Akıllı şehir, kent içerisinde insanın yaşam kalitesinin iyileştirilebilmesi açısından teknolojik verilerin kullanılmasını baz alarak tüm paydaşların yönetime katılımına entegre edilmesi olarak açıklanmıştır (Pehlivan, 2017: 1). 1990'ların sonundan başlayarak ivme kazanan e-belediyeçilik anlayışı giderek "akıllı şehir" kavramına doğru geçilmiştir (Akgül, 2013: 1). Böylece sadece yazılımlar ve teknolojiler açısından kentlerin ele alınması değil, aynı zamanda insanın içinde yaşadığı toplumun gelişimi, kaliteli hizmet sunulması ve nihayetinde kaliteli yaşam alanları oluşturulması açısından; iyi bir ekonomi ve eğitim olanakları, sosyal eşitliği sağlayacak şekilde hedefler oluşturulduğu açıklanmıştır (Lehr, 2018: 3).

İnsanların kaliteli yaşam ve eşit fırsatlardan yararlanabilmesi için de ergonomik yaşam alanları ve erişilebilir olanakların sunulması önemlidir. Zaten Avrupa Birliği tarafından belirtilen temel haklar açısından da; engelli bireylerin, bağımsız bir şekilde mesleki ve toplumsal yaşamla bütünleşmeleri ve sosyal hayata katılımlarını desteklemeye yönelik önlemler alınması ve hiç bir insanın engelinden kaynaklı ayrımcılığa maruz kalmaması gerektiği de bildirilmiştir (Elmacı, 2019; Şat ve Göver, 2017).

Erişilebilirlik kavramına bakıldığında; Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı tarafından (2013:1) erişilebilirlik, "Binaların, açık alanların, ulaşım ve bilgilendirme hizmetleriyle bilgi ve iletişim teknolojisinin engelliler tarafından güvenli ve bağımsız olarak ulaşılabilir ve kullanılabilir olması şeklinde tanımlanmıştır. Davis ve Lifchez (1987) ise erişilebilirliği; sadece fiziki olarak değil kişilerin mekâna ilişkin sosyal ve psikolojik deneyimlerinin içeriği olarak açıklamışlardır (Akt. Şat ve Göver, 2017).

Türkiye'de fizyolojik, psikolojik veya anatomik yapı ve işlevlerindeki belli bir kayıp dolayısıyla hareket yeteneği, algılaması ve kavraması kısıtlı olan nüfusun %12'si dolayındaki bir kesiminin, kamusal mekâna erişim ve mekânı kullanma haklarının işlemediği belirtilmektedir (Kaplan ve Öztürk, 2004: 67).

2010-2020 yılları arasında Avrupa Birliği tarafından engellerin ortadan kaldırılması için bir strateji hazırlanmıştır. Avrupa Birliği'nin hazırladığı bu stratejide; erişilebilirlik, katılım, eşitlik, istihdam, eğitim ve öğretim, sosyal

koruma, sağlık ve dış eylemler gibi çalışılması gereken başlıca beş alan olduğu bildirilmiştir AB Engellilik Stratejisi çerçevesinde (European Commission, 2010, akt; Elmacı, 2019). Türkiye’de yapılan bir araştırmada; belediye hizmet binalarının dahi engellilerin erişimine uygun olmadığı, engelli ve yaşlıların alt yapı hizmet çalışmalarında dikkate alınmadığı, belediyeler tarafından sunulan ve seçmenler tarafından algılanan en kalitesiz hizmet olduğu bildirilmiştir (Usta ve Memiş, 2010: 351).

Sosyal ve psikolojik açıdan sağlığa önemli katkılar sunan ve bir kenti yaşanabilir kılan özelliklerinden biri de sanat ve spor olanaklarının kent içerisinde yer almasıdır. Bu olanaklardan özellikle her alanda dijitalleşme sonucunda oluşan hareketsiz yaşam ve bu yaşam içerisinde yalnızlığın ve hareketsizliğin yol açtığı toplumun genel sorunlarından olan sosyal ve fiziksel problemlerle baş etmede spor önemli bir noktada yer almaktadır. Ancak teknolojik olanaklarla üretilen akıllı şehir uygulamalarında ne yazık ki bu olanaklara erişim sağlanamamaktadır. Bu erişimin zorluğu özellikle erişilebilir mekânsal düzenlemelerin yapılmaması, gelişen hızlı teknolojiye spor ortamlarının entegre olamamasının yanı sıra; hazırlanacak spor eğitim çalışmalarının, özellikle okullarda beden eğitimi ve spor dersi programlarının bireylerin ruhsal, fiziksel erişilebilirlikleri dikkate alınarak düzenlenmemesi olarak da düşünülebilir. Psikolojik, sosyal ve fiziksel açıdan bireylerin gelişimine, sağlığına katkı sunan spor etkinliklerini; gerek okullarda öğrencilere ve gerekse kent içerisinde pek çok kurumda yürütecek olan beden eğitimi ve spor öğretmenliği bölümünde okuyan öğrencilerin akıllı şehir ve erişilebilirlik kavramlarına ilişkin bilinçaltında yer alan bilgi ve düşünceleri merak edilmiştir. Bu açıdan bir tür bilinçaltı bilgi ve düşüncelerin dışa vurumu olarak değerlendirilen metaforlar (Eker ve Sıcak, 2016; Ekici ve Akdeniz, 2018; Lakoff ve Johnson, 2005; Zheng ve Song, 2010) yoluyla “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramları araştırılmak istenmiştir.

Bu amaç doğrultusunda günümüzün teknolojik gelişmeleriyle son dönem araştırma konularından olan “akıllı şehir” ve günlük yaşam içerisinde önemli ve temel bir hak olan “erişilebilirlik” kavramlarına ilişkin olarak aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

- 1) Toplumda kaliteli yaşama destek verecek spor etkinliklerini gerek okulda ve gerekse toplum içerisinde yaşayan bireylerle yürütecek olan spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin; “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramlarına ilişkin metaforları nelerdir?
- 2) Spor etkinliklerini yürütecek olan spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin; “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramlarına ilişkin metaforlarında ortaya çıkan temalar nelerdir?
- 3) Spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin; “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramlarına ilişkin kullandıkları metaforlar lisanslı spor yapan ve yapmayanlar karşılaştırıldığında lisans durumuna göre bir farklılık göstermekte midir?

## Yöntem

### Araştırma Modeli

Bu araştırma, Erzurum Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde okuyan öğrencilerin; “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramlarına yönelik metaforlar kullanılarak neler düşündüklerini belirlemek amacıyla hazırlanmış nitel bir çalışmadır. Araştırma temelini bireysel tecrübelerden alan ve katılımcıların öznel tecrübeleri ile oluşan fenomenolojik desenle kurgulanmıştır (Ekici ve Akdeniz, 2018). Bu kurgu doğrultusunda beden eğitimi ve spor öğretmenliği bölümünde

okuyan öğrencilerin; mezuniyet sonrası yaşam kalitesinin artırılmasında ve sağlığın kazanılmasında önemli bir yeri olan spor etkinliklerinin uygulanması ve eğitiminde rol alacakları için günümüz yaşantısında giderek ilgi gören “akıllı şehir” ve yaşamın temel hakkı olan “erişilebilirlik” kavramlarına yükledikleri anlamlar değerlendirilmek istenmiştir.

## Araştırmanın Çalışma Grubu

Araştırma evreni, Erzurum Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi beden eğitimi ve spor eğitimi bölümünde okuyan 154 öğrenciden oluşmaktadır. Araştırma için Spor Bilimleri Fakültesi Yönetiminden izin alınmıştır. Araştırma izinleri sonrasında Fakülte öğrencilerine ulaşılabilecek alanlarda araştırma hakkında bilgilendirme yapılmış ve bilgilendirme sonrasında araştırmaya gönüllü katılmak isteyen 119 öğrenciye araştırmacılar tarafından sosyo-demografik özellikleri belirleyen; yaş, cinsiyet, sınıf düzeyi, barınma yeri, spor branşı, lisanslı sporcu olma durumu, spor yılı, anne eğitim düzeyi ve baba eğitim düzeylerinden oluşan 9 soruluk bilgi anketi ile "akıllı şehir" ve "erişilebilirlik" kavramlarını belirleyen anket formları dağıtılmıştır. Form doldurma işlemi için yaklaşık 20 dakika süre tanınmış ve doldurularak boş bir kutuya bırakılan ölçek formları araştırmacı tarafından toplanmıştır.

Doldurulan formlar kontrol edildiğinde toplam 119 formun metafor kısmı boş bırakıldığı için 4'ü elenmiştir. Geriye kalan 115 formdan metafor yazılıp açıklaması olmayan 3, açıklama olup metafor yazılmayan 5'i toplamda 8 adet form daha elenmiştir. Geriye kalan ve yönergeye uygun bir şekilde doldurulan toplam 107 formdan "akıllı şehir" kavramı için 3, "erişilebilirlik" kavramı için 1 adet, ayrıca ankette yazılmış olan metafor ile açıklama arasında ilişki kurulamaması nedeniyle toplam 4 adet form elenmiştir. Tüm bu elemeler sonrasında toplamda 103 adet form sağlıklı doldurulduğu için veri olarak excel dosyasına işlenerek analizi yapılmıştır.

## Verilerin Toplanması

Araştırmacılar tarafından hazırlanan ve boşluk doldurma içeren açık uçlu iki sorunun olduğu anket formu kullanılarak veriler toplanmıştır.

Anketin birinci bölümde; öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri, ikinci bölümünde ise "akıllı şehir .....benzer. Çünkü.....", ile "erişilebilirlik .....benzer. Çünkü....." şeklinde boşluk doldurma istenmiştir. Bu şekilde; öğrencilerden hem "akıllı şehir", hem de "erişilebilirlik" için metafor üretmeleri ve bunun da nedenlerini açıklamaları istenmiştir.

## Verilerin Çözümlemesi

Araştırmada birbirine benzeyen veriler bir arada organize edilerek içerik analizi (Yıldırım ve Şimşek, 2008) yapılmıştır. Sonrasında birbiriyle ortak özellikleri ve benzerlikleri olan metaforlar bir arada tasnif edilmiştir. "Akıllı şehir" ve "erişilebilirlik" kavramlarının her biri için benzer özelliklerine göre kullanılan metaforlar bir araya getirilerek sıralanmıştır. Bu sıralama sonrasında uygun doldurulan toplam 103 adet form kontrol edilmiş ve metaforların

her birinin kullanım amacı incelenmiştir. Aralarında bağ kurulamayan metaforlar elenmiş ve uzman değerlendirmesiyle kontrol edilerek "akıllı şehir için 3 form, "erişilebilirlik" için 1 adet form olmak üzere toplam 4 adet form elenmiştir.

Ardından metaforlar bir tema ile ilişkilendirilmiş, kullanım amacına, açıklamalarına bakılarak başlangıçta 9 Adet kavramsal kategori oluşturulmuştur. Uzman görüşü alınarak kavramsal kategoriler kontrol edilmiştir. 1 adet birleştirilmiş, 1 adet kavramsal kategori ise elenerek toplamda 7 adet kavramsal kategori ile çalışmaya devam edilmiştir.

Bulgular kısmında tablolarda kavramsal kategorilere ait yüzdelikler verilmiş ve tabloların altında öğrencilerin kullandıkları metaforların nedenine ilişkin yaptıkları açıklamalardan birer örnek sunulmuştur. Metaforu kimin ürettiği ve nedenine ilişkin öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri sembollerle gösterilmiştir. Bu semboller metafor açıklamalarından hemen sonra parantez içinde; cinsiyet (K=kadın, E=erkek), yaş (Y), lisanslı (LİS), lisanssız (LSZ), takım sporu (TKM), bireysel spor (BRY) şeklinde semboller kullanılarak kodlamalar yapılmıştır.

## Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği

Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlüğün verilere ve sonuçlarına ulaşılmasına ilişkin detaylı açıklamaların yapılması, yine örnekleminin özelliklerinin farklı örneklerle karşılaştırma yapabilecek şekilde ayrıntılı tanımlanması gerektiği (Yıldırım ve Şimşek, 2008), belirtildiğinden bu çalışmada da örneklemin özelliklerini, kullanılan metaforlar ve analizlerine ilişkin açıklamalara ayrıntılı yer verilmiştir.

Güvenirliğini artırmak, ortaya çıkan tema ve kategoriler arasında karşılaştırmayı sağlamak için veriler sayısallaştırılmıştır. İki uzmandan görüş alınarak güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır. Uzmanlardan alınan ve araştırmacıların değerlendirmeleri karşılaştırılmış, görüş birliği ve görüş ayrılığı tespit edilmiştir. Böylece güvenirlüğün hesaplamasında Miles ve Huberman'ın (1994) önerdiği "Güvenirlilik=Görüş birliği/[Görüş birliği+Görüş ayrılığı]\*100" uyuşum yüzdesi belirlenmiştir.

Buna göre "akıllı şehir" kavramına ait 4 adet görüş ayrılığı nedeniyle güvenirlüğü %86 olarak bulunurken, "erişilebilirlik" kavramı için de öğrencilerin ürettiği 30 metafordan alan uzmanları ile araştırmacı arasında 3 adet görüş ayrılığı ortaya çıktığından güvenirlilik sayısı %90 olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda araştırmanın güvenirlüğü %87 olarak hesaplanmıştır. Nitel araştırma güvenirlilik hesaplamaları sonuçlarının %70'in üzerinde çıkması, araştırma için güvenilir kabul edilmektedir (Miles ve Huberman, 1994, akt; Aslan, 2015).

## Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde katılımcılara ait demografik özellikler, elde edilen verilerin çözümlenmesine ilişkin sonuçlara yer verilmiştir.

Katılımcıların demografik değişkenlerinin sunulduğu Tablo 1'e

bakıldığında, Kadın katılımcıların sayısının 62, Erkek katılımcıların sayısı ise 41 olduğu görülmüştür. Yaş düzeyi değişkeninde en fazla katılım grubunun 21 yaş (22) ve 22 yaş (22) olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda katılımcıların %53,4'ünün (55) aile ile birlikte yaşadığı görülmektedir.

**Tablo 1: Araştırmaya Katılan Öğrencilerin Demografik Özelliklerine İlişkin Bulgular**

Değişkenler		N	%
<b>Yaş</b>	18 yaş	5	4,9
	19 yaş	15	14,6
	20 yaş	22	21,4
	21 yaş	22	21,4
	22 yaş	16	15,5
	23 yaş	14	13,6
	24 yaş	5	4,9
	25 yaş	4	3,9
<b>Cinsiyet</b>	Kadın	62	60,2
	Erkek	41	39,8
<b>Sınıfı</b>	1	19	18,4
	2	29	28,2
	3	32	31,1
	4	23	22,3
<b>Barınma Yeri</b>	Devlet Yurdu	39	37,9
	Aile İle	55	53,4
	Arkadaşlarla Evde	7	6,8
	Özel Yurt	2	1,9
<b>Anne Eğitim Düzeyi</b>	İlkokul	53	51,5
	Ortaokul	24	23,3
	Lise	20	19,4
	Lisans	5	4,9
	Lisansüstü	1	1
<b>Baba Eğitim Düzeyi</b>	İlkokul	17	16,5
	Ortaokul	31	30,1
	Lise	34	33
	Lisans	15	14,6
	Lisansüstü	5	4,9



**Tablo II: Araştırmaya Katılan Öğrencilerin Spor Durumlarına İlişkin Yüzdeler Dağılımları**

Değişkenler		N	%
<b>Lisanslı Spor Yapma</b>	Evet	38	36,9
	Hayır	65	63,1
<b>Öğrencilerin Lisanslı Yaptığı Spor Branşı</b>	Bireysel Sporlar	44	42,7
	Takım Sporları	59	57,3
<b>Öğrencilerin Spor Yapma Yılı</b>	0-5 yıl arası	56	54,3
	5.5-10 yıl arası	38	37
	10.5-15 yıl arası	9	8,7

Katılımcıların spor yapma durumlarını belirlemeye yönelik yöneltilen sorulara ilişkin yapılan analizler sonucunda öğrencilerin %36,9’unun lisanslı sporcu, %57,3’ünün Takım sporu yaptığı tespit

edilmiştir. Ek olarak spor yapma değişkenine ilişkin bulgularda %54,3’ünün 0-5 yıl arasında spor yaptıkları görülmektedir (Tablo 2).

**Tablo III: Öğrencilerin Akıllı Şehir ve Erişilebilirlik Kavramlarına İlişkin Metaforlardan Oluşturulan Kavramsal Kategorilerin Yüzdeler Dağılımları**

Kavramsal Kategoriler	Akıllı Şehir		Erişilebilirlik	
	n	%	n	%
<b>Teknolojik Ürün ve Gelişmişlik</b>	42	40,7	17	16,5
<b>Şehir İçin Olumlu Özellik</b>	10	9,7	33	32
<b>Bilgi Sağlayıcı Kavramsal Kategorisi</b>	3	2,9	2	1,9
<b>İnsan Ve İnsana Ait Pozitif Özellik</b>	26	25,3	22	21,4
<b>Bilişimde Kolaylaştırıcı</b>	11	10,67	17	16,5
<b>Nesne ve Kavramlar</b>	1	0,97	8	7,8
<b>Doğadaki Durum ve Doğadaki Nesne</b>	10	9,7	4	3,9
<b>Toplam</b>	<b>103</b>		<b>103</b>	

Tablo 3’te öğrencilerin Akıllı Şehir ve Erişilebilirlik kavramlarına ilişkin metaforlardan oluşturulan kavramsal kategorilerin dağılımlarına bakıldığında; “Akıllı şehir” kavramı için; ilk sırada “teknolojik Ürün ve Gelişmişlik” (n=42, %40,7), ikinci sırada “İnsan ve İnsana Ait Pozitif Özellik” (n=26, %25,3), üçüncü sırada ise “Bilişimde Kolaylaştırıcı” (n=11, %10,67), dördüncü sırada “şehir içi olumlu özellik” (n=10, %9,7) ve “Doğadaki durum ve doğadaki nesne” (n=10, %9,7) beşinci sırada “Bilgi sağlayıcı kavramsal kategori” (n=3, %2,9), altıncı sırada ise “Nesne ve kavramlar”

(n=1, %0,97) şeklinde sıralandığı görülmüştür.

“Erişilebilirlik” kavramına ilişkin metaforlara bakıldığında yine ilk sırada “şehir içi olumlu özellik” (n=33, %32) kategorisi kullanılmıştır. İkinci sırada “İnsan ve İnsana Ait Pozitif Özellik” (n=22, %21,4), üçüncü sırada “teknolojik Ürün ve Gelişmişlik” (n=17, %16,5) ve “Bilişimde Kolaylaştırıcı” (n=17, %16,5) dördüncü sırada “Nesne ve kavramlar” (n=8, %7,8), beşinci sırada “Doğadaki durum ve doğadaki nesne” (n=4, %3,9), altıncı sırada “Bilgi sağlayıcı kavramsal kategori” (n=2, %1,9) şeklinde sıralanmıştır.

### Akıllı şehir ve erişilebilirliği “Teknolojik Ürün ve Gelişmişlik” Olarak Gören Metaforlar

Teknolojik Ürün ve Gelişmişlik kategorisi altında yer alan metaforlara ilişkin bulgular tablo 4’te gösterilmiştir. Metaforlar incelendiğinde; öğrencilerin “Akıllı Şehir” kavramını açıklamada en fazla kullandıkları “teknolojik ürün ve gelişmişlik” kategorisi olduğu ve bu kategori altında en fazla lisanssız öğrencilerin “teknoloji merkezi” metaforunu, lisanslı öğrencilerin ise “telefon” ve “gelişmiş ülke” metaforlarını kullandıkları, ikinci sırada lisanslı öğrencilerin “teknoloji merkezi”, lisanssız öğrencilerin ise “telefon” metaforunu kullandıkları görülmektedir. Lisanslı ve lisanssız öğrencilerin erişilebilirlik kavramına ilişkin metafor dağılımlarında her iki guruptaki öğrencilerin birinci sırada “telefon” metaforunu kullandıkları tespit edilmiştir.

Öğrencilerin takım veya bireysel spor yapma durumlarına ilişkin Teknolojik Ürün ve Gelişmişlik kategorisi altında yer alan metaforların dağılımına bakıldığında, takım sporu yapan öğrencilerin akıllı şehir kavramına ilişkin ilk sırada “teknoloji merkezi”, ikinci sırada “telefon” metaforunu kullandıkları, bireysel spor yapanların ise ilk sırada “gelişmiş ülke”, ikinci sırada ise “teknoloji merkezi” metaforunu kullandıkları görülmüştür.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin kullanılan metaforların dağılımında ise takım ve bireysel sporlarda “telefon” metaforunun ilk

sırada olduğu görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4’te akıllı şehir, teknolojik ürün ve gelişmişlik kavramsal kategorisi lisanssız ve takım sporu yapan öğrencileri için birinci sırada kullanılan “teknoloji merkezi” metaforu (n=11, n=10 kişi) için yapılan açıklamalardan örneklere bakıldığında;

“sınırsız teknolojik alt yapı, her şeye her yerden erişebilmek (E/LSZ/Y20/TKM)”, “herkesin yararlanabileceği bir teknolojiye benzer, Olması gereken teknolojik açıdan gelişmiş bir şehir olmak (K/LSZ/Y21/TKM)”.

Teknolojik Ürün ve gelişmişlik kavramı için ikinci sırada en fazla kullanılan “telefon” metaforu için kullanılan örnekler;

“akıllı telefona benzer, kolaylık sağlar (K/LİS/Y19/TKM)”, “Iphone 14 Pro Max’e benzer, Donanımlıdır (K/LİS/Y19/BRY)”, “telefona benzer, akıllı şehir olduğu için o da telefon gibi çok donanımlıdır (E/LSZ/Y21/TKM)”.

Erişilebilirlik, teknolojik ürün ve gelişmişlik kavramsal kategorisi için en fazla kullanılan “telefon” metaforu için yapılan açıklamalardan örneklere bakıldığında;

“telefona benzer, her şeye ulaşabiliyoruz (K/LİS/Y19/BRY)”, telefona benzer, her istediğimize ulaşabiliriz (K/LSZ/Y22/TKM)” şeklinde açıklamalar yapıldığı görülmektedir.

**Tablo IV: Teknolojik Ürün ve Gelişmişlik Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Metafor Adı	Lisanslı		Lisanssız		Takım Sporları		Bireysel Sporlar	
	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik
<b>Teknoloji Merkezi</b>	3	0	11	2	10	2	4	0
<b>Teknolojik Ürün</b>	1	0	1	0	0	0	2	0
<b>Telefon</b>	4	6	7	4	9	3	2	7
<b>Bilgisayar</b>	1	1	5	2	5	2	1	1
<b>Fabrika</b>	0	0	2	0	1	0	1	0
<b>Gelişmiş Ülke</b>	4	0	2	0	1	0	5	0
<b>Akıllı Ev</b>	1	0	0	0	1	0	0	0
<b>Uçak</b>	0	1	0	1	0	1	0	1
<b>Toplam</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>28</b>	<b>9</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>9</b>

### Akıllı şehir ve erişilebilirliği “Şehir İçin Olumlu Özellik” Olarak Gören Metaforlar

Lisanslı ve lisanssız öğrencilerin akıllı şehir kavramı altında, şehir içi olumlu özelliğe dair kullandıkları metaforlarda, lisanslı öğrencilerin ilk sırada “çağdaşlık” ve “aydınlık”, lisanssız öğrencilerin ise “ulaşım kolaylığı” metaforunu tercih ettikleri görülmektedir. Takım ve bireysel sporcular kategorisinde ise takım sporcularının “ulaşım kolaylığı” ve “düzen” metaforunu ilk sırada kullandıkları tespit edilmiştir (Tablo 5).

Erişilebilirlik kavramına ilişkin bulgular incelendiğinde, lisanslı, lisanssız, bireysel ve takım sporu yapan tüm öğrencilerin ilk sırada “ulaşım kolaylığı” metaforunu kullandıkları görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5’te akıllı şehir ve erişilebilirlik, şehir için olumlu özellik kavramsal kategorisinde öğrencilerin birinci sırada kullandığı “ulaşım kolaylığı” metaforu için yapılan açıklamalardan örneklerle bakıldığında,

Akıllı şehir; “İnsanın istediği her yere rahatça ulaşabilmesine benzer, istediğimiz yere gidebiliriz (E/LSZ/Y22/TKM)”, “İstedığımız yere istediğimiz şekilde gidebileceğimiz bir yere benzer, ulaşım sorunu olmaz (E/LSZ/Y21/TKM)”.

Erişilebilirlik; “otobüse benzer, her yere rahatça gidersen (K/LİS/Y19/TKM)”, “arabaya benzer, her yere ulaşırız (E/LİS/Y23/TKM)”, “kolay elde etmeye benzer, insanın istediklerini almasıdır (E/LSZ/Y23/BRY)”, şeklinde öğrenciler tarafından tanımlanmıştır.

**Tablo V: Şehir İçin Olumlu Özellik Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Metafor Adı	Lisanslı		Lisanssız		Takım Sporları		Bireysel Sporlar	
	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik
<i>Ulaşım kolaylığı</i>	0	15	3	18	2	21	1	12
<i>Sistemleşme</i>	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Kendine yeten şehir</i>	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Düzen</i>	0	0	2	0	2	0	0	0
<i>Kentsel Dönüşüm</i>	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Çağdaşlık</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Aydınlık</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Toplam</i>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>12</b>

### Akıllı şehir ve erişilebilirliği “Bilgi Sağlayıcı” Olarak Gören Metaforlar

Tablo 6’ da akıllı şehir kavramına ilişkin “bilgi sağlayıcı” temasına ilişkin bulgular incelendiğinde lisanslı öğrencilerden 1 katılımcının “bilgi”, lisanssız katılımcılardan ise 1’er katılımcının “kitap” ve “bilim” metaforlarını kullandıkları görülmektedir. Ek olarak Takım sporu yapan öğrencilerden 1’er katılımcının “kitap” ve “bilim” metaforlarını kullandıkları, bireysel spor yapan katılımcılardan 1 öğrencinin “bilgi” metaforunu kullandığı tespit edilmiştir.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin bulgularda ise lisanssız öğrencilerden

1’er katılımcının “kütüphane” ve “bilim” metaforlarını, takım sporlarında ise 1’er katılımcının “kütüphane” ve “bilim” metaforlarını kullandıkları görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 6’da akıllı şehir ve erişilebilirlik, bilgi sağlayıcı kavramsal kategorisinde öğrencilerin birinci sırada kullandığı “bilim” metaforu için yapılan açıklamalardan örneklere bakıldığında,

Akıllı şehir; “bilime benzer, gelişmiş ve gelişmeye devam etmektedir (K/LSZ/Y21/TKM)”.

Erişilebilirlik; “bilgisayara benzer, birçok bilgiye kolayca ulaşabilirsin (K/LSZ/Y21/TKM)”, şeklinde öğrenciler tarafından tanımlanmıştır.

**Tablo VI: Bilgi Sağlayıcı Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Metafor Adı	Lisanslı		Lisanssız		Takım Sporları		Bireysel Sporlar	
	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik
<i>Kitap</i>	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Bilim</i>	0	0	1	1	1	1	0	0
<i>Bilgi</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Kütüphane</i>	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Toplam</i>	1	0	2	2	2	2	1	0
<i>Çağdaşlık</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Aydınlık</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Toplam</i>	2	15	8	18	6	21	4	12
<i>Toplam</i>	14	8	28	9	27	8	15	9

### Akıllı şehir ve erişilebilirliği “İnsan ve İnsana Ait Pozitif Özellik” Olarak Gören Metaforlar

Tablo 7 incelendiğinde akıllı şehir teması altında lisanslı sporcuların ilk sırada “insan”, lisanssız öğrencilerin ise “eşitlik”, “beyin” ve “insan” metaforlarını eşit düzeyde (3 kişi) kullandıkları görülmektedir. Takım sporcularında ilk sırada “Eşitlik” metaforu yer alırken, bireysel sporcularda ilk sırayı “insan” metaforunun aldığı görülmektedir.

Erişilebilirlik kavramında lisanslı öğrencilerde ilk sırada “insan”, lisanssız öğrencilerde ise ilk sırayı “eşitlik” ve “Hayaller” metaforlarının yer aldığı görülmüştür. Katılımcıların yaptığı spor branşı bazında elde edilen bulgularda ise takım sporu yapan öğrencilerin erişilebilirlik kavramına ilişkin ilk sırada “güç”, bireysel sporcularda ise “eşitlik” metaforunun olduğu görülmüştür (Tablo7).

Tablo 7’de akıllı şehir; insan ve insana ait pozitif özellikler kategorisinde lisanslı öğrencilerin birinci sırada kullandığı “İnsan”, ikinci sırada kullandıkları “eşitlik” ve üçüncü sırada kullandıkları “beyin” metaforu için yapılan açıklamalardan örnekler bakıldığında,

Akıllı şehir; “bilinçli ve ahlaklı bir insana benzer, öyle olmalıdır” (K/LİS/Y19/BRY). “Herkes eşit yaklaşıma benzer, toplu taşıma ve rahat ulaşımın olduğu huzur verici ve rahatlatıcı ortamlara sahiptir”(E/LİS/Y25/TKM). “Beyine benzer, veri toplamak için çeşitli yollardan yararlanılması beyni etkiler. Teknolojinin yardımıyla da veri toplamak akıllı şehir kavramıyla örtüşür” (K/LSZ/Y20/BRY).

Erişilebilirlik; insan ve insana ait pozitif özellikler kategorisinde öğrencilerin en fazla kullandıkları “eşitlik, özgürlük, hayaller ve güç”

metaforları için yapılan açıklamalardan örnekler incelendiğinde; Erişilebilirlik; “fırsat eşitliğidir, herkesin yararlandığı” (E/LİS/Y22/BRY). “Herkesin istediği gibi yaşamasına benzer, bence erişilebilirlik budur” (E/LSZ/Y21/BRY). “Hayallere kavuşmaya benzer, her insan hayallerine erişmek ister” (E/LİS/Y25/TKM). “Güce benzer, her yerde dominantlığımı gösterebilirsin” (K/LİS/Y21/TKM), şeklinde açıklamalar yapıldığı görülmektedir.

Tablo 7’de akıllı şehir; insan ve insana ait pozitif özellikler kategorisinde lisanslı öğrencilerin birinci sırada kullandığı “İnsan”, ikinci sırada kullandıkları “eşitlik” ve üçüncü sırada kullandıkları “beyin” metaforu için yapılan açıklamalardan örnekler bakıldığında,

Akıllı şehir; “bilinçli ve ahlaklı bir insana benzer, öyle olmalıdır” (K/LİS/Y19/BRY). “Herkes eşit yaklaşıma benzer, toplu taşıma ve rahat ulaşımın olduğu huzur verici ve rahatlatıcı ortamlara sahiptir”(E/LİS/Y25/TKM). “Beyine benzer, veri toplamak için çeşitli yollardan yararlanılması beyni etkiler. Teknolojinin yardımıyla da veri toplamak akıllı şehir kavramıyla örtüşür” (K/LSZ/Y20/BRY).

Erişilebilirlik; insan ve insana ait pozitif özellikler kategorisinde öğrencilerin en fazla kullandıkları “eşitlik, özgürlük, hayaller ve güç” metaforları için yapılan açıklamalardan örnekler incelendiğinde;

Erişilebilirlik; “fırsat eşitliğidir, herkesin yararlandığı” (E/LİS/Y22/BRY). “Herkesin istediği gibi yaşamasına benzer, bence erişilebilirlik budur” (E/LSZ/Y21/BRY). “Hayallere kavuşmaya benzer, her insan hayallerine erişmek ister” (E/LİS/Y25/TKM). “Güce benzer, her yerde dominantlığımı gösterebilirsin” (K/LİS/Y21/TKM), şeklinde açıklamalar yapıldığı görülmektedir.

**Tablo VII: İnsan ve İnsana Ait Pozitif Özellik Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Metafor Adı	Lisanslı		Lisanssız		Takım Sporları		Bireysel Sporlar	
	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik
<i>Sosyal Aktivite</i>	2	0	1	0	2	0	1	0
<i>Eşitlik</i>	3	2	3	2	3	1	3	3
<i>Beyin</i>	2	0	3	0	2	0	3	0
<i>İşgücü kolaylığı</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>İnsan</i>	4	0	3	0	1	0	6	0
<i>Özgürlük</i>	1	1	2	2	0	1	3	2
<i>İstekler</i>	0	1	0	1	0	1	0	1
<i>Hayaller</i>	0	2	0	1	0	1	0	2
<i>Para</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Zenginlik</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Güç</i>	0	1	0	2	0	2	0	1
<i>Verimli Zaman</i>	0	0	1	2	1	1	0	1
<i>İhtiyaç Giderilmesi</i>	0	1	0	1	0	0	0	2
<b>Toplam</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>13</b>

### **Akıllı şehir ve erişilebilirliği "Bilişimde Kolaylaştırıcı" Olarak Gören Metaforlar**

Akıllı şehir kavramının bilişimde kolaylaştırıcı teması altında Lisanslı ve takım sporu yapan öğrencilerin "google ve "internet" kavramlarını ilk sırada ve eşit düzeyde tercih ettikleri, lisanssız ve bireysel sporcularda ise "internet" metaforunu ilk sırada kullanmayı tercih ettikleri görülmüştür (Tablo 8).

Tablo 8 bulgularına göre lisanslı, lisanssız, bireysel ve takım sporu yapan tüm katılımcıların erişilebilirlik kavramında "internet" metaforunu ilk sırada kullanmayı tercih ettikleri tespit edilmiştir.

Tablo 8'de akıllı şehir ve erişilebilirlik, "bilişimde kolaylaştırıcı

kavramsal kategorisi altında öğrenciler tarafından akıllı şehir kategorisinde en fazla kullanılan "internet ve google" metaforları ile erişilebilirlik kategorisinde en fazla kullanılan "internet" metaforuna ilişkin öğrencilerin verdiği örnekler incelendiğinde;

Akıllı şehir; "internete benzer, aradığın imkânları sağlayabiliyor" (K/LİS/Y19/TKM). "İnternete benzer, öyledir" (K/LSZ/Y19/TKM). "Google benzer, her şeyi araştırır" (E/LİS/Y20/TKM). "Google benzer, her şeyi bulabiliriz" (E/LİS/Y23/TKM).

Erişilebilirlik; "sosyal ağa benzer, aradığımız ulaşmak istediğimiz her şeyi bulabiliriz" (E/LİS/Y22/BRY). "İnternete benzer, aradığımız her şey onda var" (K/LİS/Y20/BRY) şeklinde açıklamalar yapıldığı tespit edilmiştir (Tablo 8).

**Tablo VIII: Bilişimde Kolaylaştırıcı Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Metafor Adı	Lisanslı		Lisanssız		Takım Sporları		Bireysel Sporlar	
	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik
<i>İnternet</i>	3	2	3	14	5	9	1	7
<i>Google</i>	3	0	2	0	5	0	0	0
<i>Yazılım</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>Toplam</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>8</b>

### Akıllı şehir ve erişilebilirliği “Doğa ve Doğadaki Nesne” Olarak Gören Metaforlar

Öğrencilerin akıllı şehir kavramının, doğa ve doğadaki nesne temasına ilişkin yapılan çözümlemeler sonucunda lisanssız ve bireysel sporcuların en fazla “doğa” metaforunu kullandıkları görülmektedir.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin yapılan çözümlemelerde ise lisanslı, lisanssız ve takım sporu yapan öğrencilerin birinci sırada “doğal oluşum” kategorisini kullandıkları görülmektedir (Tablo 9).

Tablo 9’da, doğa ve doğadaki nesne kavramsal kategorisinde

öğrencilerin akıllı şehir kavramına ilişkin birinci sırada “Doğa” metaforu yer alırken, erişilebilirlik kavramında “doğal oluşum” metaforu yer almaktadır. Bu metaforlara ilişkin öğrencilerin verdikleri açıklama örnekleri incelendiğinde;

Akıllı şehir; “çok güzel manzaraya benzer, herkes mutlu olur” (E/LİS/Y21/BRY). “Doğa ile teknolojinin etkileşim içinde olduğu bir alana benzer, doğanın dengesinin bozulmadığı ama teknolojiyle hayatı kolaylaştırdığı için” (K/LSZ/Y24/TKM).

Erişilebilirlik; “uçsuz bucaksız okyanusa benzer, yaşamın sınırlarını zorlarsın” (K/LSZ/Y22/TKM). “Doğaya benzer, her an çıkıp hava alırsın” (K/LSZ/Y19/BRY) şeklinde açıkladıkları görülmüştür.

**Tablo IX: Bilişimde Kolaylaştırıcı Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Metafor Adı	Lisanslı		Lisanssız		Takım Sporları		Bireysel Sporlar	
	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik
<i>Doğa</i>	1	0	4	1	2	0	3	1
<i>Doğal oluşum</i>	1	1	2	2	2	3	1	0
<i>Bitki</i>	1	0	1	0	1	0	1	0
<b>Toplam</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

### Akıllı şehir ve erişilebilirliği “Nesne ve Kavramlar” Olarak Gören Metaforlar

Akıllı şehir kavramının, nesne ve kavramlar teması altında lisanssız ve bireysel spor yapan öğrencilerden 1'er kişinin “dolu bardak” metaforunu kullandığı görülmüştür.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin yapılan çözümler sonucunda ise takım sporu yapan öğrencilerin en fazla “tuttuğu takım” ve “hediye” metaforunu, bireysel spor yapan öğrencilerin ise “sınırsızlık” metaforunu kullandıkları görülmektedir (Tablo 10).

Tablo 10’da “nesne ve kavramlar” kategorisinde akıllı şehir ve erişilebilirlik metaforlarında öğrencilerin verdiği cevaplar için yapılan açıklamalardan örneklere bakıldığında;

Akıllı şehir; “içi dolu bardağa benzer, her imkânı içinde barındırır” (K/LSZ/Y18/BRY).

Erişilebilirlik; Fenerbahçe’ye benzer, her şeye ulaşıyor” (E/LİS/Y23/TKM). “Anayasa’ya benzer, herkese eşit şartlar sunmalı” (K/LSZ/Y24/TKM). “Yaşadığımız devlete benzer, uğruna imkânlarla ulaşabilecek çaba ve hakkı yaratıp doğurmazsan kendi imkânlarını kendin kullanamayacak hale getirirsin” (K/LSZ/Y19/TKM).

**Tablo X: Nesne ve Kavramlara İlişkin Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Metafor Adı	Lisanslı		Lisanssız		Takım Sporları		Bireysel Sporlar	
	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik	Akıllı Şehir	Erişilebilirlik
<b>Sınırsızlık</b>	0	1	0	1	0	0	0	2
<b>Okey taşı</b>	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>Devlet</b>	0	0	0	1	0	1	0	0
<b>Anayasa</b>	0	0	0	1	0	1	0	0
<b>Tuttuğu takım</b>	0	1	0	1	0	2	0	0
<b>Dolu bardak</b>	0	0	1	0	0	0	1	0
<b>Hediye</b>	0	1	0	1	0	2	0	0
<b>Toplam</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

### Tartışma

Araştırmanın bu bölümünde verilerin çözümlenmesi sonucunda elde edilen bulgular literatürle ilişkilendirilerek tartışılmıştır.

#### Akıllı Şehir ve Erişilebilirlik Kavramlarını Açıklamada Kullanılan Metaforlardan Oluşturulan Kavramsal Kategorilerin Tartışılması

Beden eğitimi ve spor öğretmenliği bölümünde okuyan öğrencilerin “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramlarına ilişkin kullandıkları metaforlar incelenmiş ve tablo 3’te yer verildiği üzere toplamda 6 adet kavramsal kategori oluşturulmuştur. Bu metaforlardan yola çıkılarak oluşturulan kavramsal kategorilere bakıldığında “akıllı şehir” kavramı için en fazla “teknolojik ürün ve gelişmişlik” ardından “insan ve insana ait pozitif özellik”, üçüncü sırada ise “bilimde kolaylaştırıcı” olarak ilk üç sırada yer aldıkları görülmüştür. Bu ilk üç sırada yer alan metaforlar değerlendirildiğinde; beden eğitimi ve spor dersini okullarda yürütecek olan

öğretmen adaylarının “akıllı şehir” kavramını daha çok teknoloji ve teknolojinin sağladığı kolaylaştırıcı yön şeklinde ele aldıkları, bu durumun nedeni de günümüzde teknolojik ürünlerin yaşamı kolaylaştırıcılığına ilişkin açıklamaların çok fazla göz önünde olmasının etkisi olduğu düşünülmüştür. İlk üç metafordan sonra sırasıyla “şehir içi olumlu özellik” ve “doğadaki durum ve doğadaki nesne” kategorisinin dördüncü sırada eşit oranda yer aldığı, beşinci sırada “bilgi sağlayıcı kavramsal kategori” yer alırken, altıncı sırada ise “nesne ve kavramlar” kategorisinin kullanıldığı görülmektedir. “Akıllı şehir” kavramına ilişkin kullanılan metaforlar ve bu metaforların yer aldığı kavramsal kategoriler değerlendirildiğinde; doğadaki nesne ile açıklanmasının da artık kanısandığı ve akıllı şehir kavramının sadece teknoloji ile değil aynı zamanda doğadaki bir durum veya nesneye benzetilerek açıkladığı ve yaşamın bir parçası olarak değerlendirildiği görülmüştür.

Literatür incelendiğinde akıllı şehir kavramına ilişkin metafor yoluyla araştırma yapılmadığı görülmüştür. Ancak akıllı şehir kavramını benzetmeler yoluyla bir nevi bilinç altına ortaya koyan metafor kullanılarak yapılan açıklamalar incelendiğinde literatürde yer alan kentleşme kavramına ilişkin açıklamaların daha çok kentleşmenin pazarlama işlevini gerçekleştirme, kentin ekonomik olanaklarının fırsata dönüştürülerek kullanılması ölçüsü olduğuna ilişkin açıklamaları (Yalçın, 2019: 204) ve bu araştırmada “akıllı şehir” kavramına ilişkin metaforların teknolojik ürün ve gelişmişlik kavramsal kategorisinde en fazla yığılmasının da bir nevi şehir kavramını ürün, sporun da artık günümüzde bir ticari ürün olarak değerlendirildiği göz önüne alındığında şehir kavramına ilişkin ekonomik boyutu ile ilgili açıklamalarla örtüştüğü düşünülmüştür.

“Erişilebilirlik” kavramını açıklamak için kullanılan metaforlara bakılarak oluşturulan 6 adet kavramsal kategori içerisinde ise ilk sırada “şehir içi olumlu özellik” kategorisi altında toplanan metaforların en çok kullanıldığı, ardından ikinci sırada “insan ve insana ait pozitif özellik”, üçüncü sırada ise “teknolojik ürün ve gelişmişlik” ile “bilişimde kolaylaştırıcı” kavramsal kategorilerinin eşit oranda kullanıldığı görülmektedir. Erişilebilirlik kavramına ilişkin en çok kullanılan bu metaforlar da insana dair duyarlılığı ve insan yaşamını kolaylaştırıcı yönünü çağrıştırdığını göstermiştir. Bu durumun da özellikle beden eğitimi ve spor öğretmenliği bölümünde okuyan öğrencilerin okudukları mesleki derslerin daha çok sosyal içerikli ve insanı geliştirmeye yönelik olmasından kaynaklı olduğu düşünülmüştür.

Erişilebilirlik kavramını anlatmak için kullanılan ilk üç metafordan sonra dördüncü sırada “nesne ve kavramlar”, beşinci sırada “doğadaki durum ve doğadaki nesne”, altıncı sırada ise “bilgi sağlayıcı kavramsal kategorisi” yer aldığı görülmüştür.

Engelsiz şehir kavramına ilişkin literatürde bazı çalışmalar yer alsa da (Sümer, 2015) metafor yoluyla erişilebilirliği değerlendiren çalışmalara rastlanmamıştır. Şehirlerin yaşanabilirliği gerekli olmakla birlikte, şehirlerin yaşanabilir olup olmadığını belirleyen en önemli göstergesi ise o şehirde yaşayan her bir vatandaşın; eğitim, sağlık, sosyal ve kültürel gibi her türlü olanaklara kolaylıkla erişilebilmesidir. Özellikle engelli bireyler için bağımsız yaşam koşullarını destekleyecek şekilde kentlerin ulaşılabilir ve erişilebilir olması büyük önem taşımaktadır.

### **“Teknolojik Ürün ve Gelişmişlik” kategorisi altındaki Metaforların Tartışılması**

Metaforların gruplandırıldığı kavramsal kategoriler içerisinde ilk sırada yer alan “teknolojik ürün ve gelişmişlik” kavramsal kategorisi altındaki benzetmeler yani metaforlar beden eğitimi ve spor öğretmenliği bölümünde okuyan öğrencilerin lisanslı olup olmama durumuna göre incelendiğinde (tablo 4); lisanslı spor yapanların “akıllı şehir” kavramını açıklarken en fazla “telefon” ile “gelişmiş ülke” metaforunu ilk sırada eşit oranda kullandıkları, ardından “teknoloji merkezi”, üçüncü sırada da “akıllı ev”,

“bilgisayar” ve “teknolojik ürün” metaforunun birer kişi tarafından kullanıldığı görülmüştür.

Lisanslı olmayan öğrencilerin ise “akıllı şehir” kavramına ilişkin en fazla “teknoloji merkezi”, ardından ikinci sırada “telefon”, sonrasında üçüncü sırada “bilgisayar” ve bilgisayar takiben de “fabrika” ve “gelişmiş ülke” metaforunu eşit düzeyde kullandıkları belirlenmiştir.

Takım ve bireysel sporlar açısından “akıllı şehir” metaforlarına bakıldığında; takım sporlarında en fazla “teknoloji merkezi”, ardından “telefon”, “bilgisayar”, “akıllı ev”, “gelişmiş ülke” ve “fabrika” metaforunu da birer kişi kullandığı görülmektedir. Bireysel sporlarda ise en fazla “gelişmiş ülke” ardından “teknoloji merkezi”, sonrasında “teknolojik ürün” ve “telefon” sonrasında birer kişi de “bilgisayar” ve “fabrika” metaforu kullanıldığı belirlenmiştir.

Literatüre bakıldığında sporla ilişkili akıllı şehir çalışmalarının sınırlı sayıda da olsa mevcut olduğu (Atalı, 2018; Baydemir, 2017) bu çalışmalarda özellikle spor durumunda akıllı şehir uygulamaları içerisinde; akıllı spor organizasyonları, cep telefonuna entegre edilmiş spor uygulamaları, giyilebilir teknoloji, arttırılmış gerçeklikle spor oyunlarına katılım veya beceri gelişiminin desteklenmesi, kendi enerjisini üreten teknolojik ürünler ve akıllı stadyumların seyircinin hizmetine sunulmasının spor alanında kullanılabilecek akıllı uygulamalar olduğundan söz edilmiştir (Atalı, 2018: 1993).

Erişilebilirlik kavramına ilişkin açıklamalardan yola çıkılarak oluşturulan “teknolojik ürün ve gelişmişlik” kavramsal kategorisi altındaki metaforlara bakıldığında; lisanslı spor yapan öğretmen adaylarının en fazla “telefon”, ardından birer kişinin de “uçak” ve “bilgisayar” benzetmesi yaptığı görülmüştür. Lisanssız olan katılımcıların en fazla “telefon”, ardından ikişer kişi “bilgisayar” ve “teknoloji merkezi” bir kişinin de “uçak” benzetmesi yaptığı görülmüştür.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin takım ve bireysel spor yapanlar açısından karşılaştırıldığında takım sporlarında en fazla “telefon”, ardından ikişer kişi “bilgisayar” ile “teknoloji merkezi” metaforunu kullanarak açıkladığı, bir kişinin de “uçak” metaforu kullandığı görülmüştür. Bireysel sporlar açısından bakıldığında ise; en fazla “telefon” metaforu kullanıldığı, ardından birer kişinin de “uçak” ve “bilgisayar” metaforu kullandığı görülmüştür.

Araştırma sonucunda ortaya çıkan sonuçlar öğrencilerin günlük yaşam deneyimlerinden yola çıkarak benzetme kullandıklarını göstermiştir. Bu durum da akıllı şehirler hakkında bilgilendirmenin sosyal alanlarda da yapılması önerisinin gerekli olduğunu düşündürmüştür.

Literatürde erişilebilir akıllı spor uygulamaları konusunda yapılan araştırmalara bakıldığında; 2009 yılında Berlin’deki fitness merkezinde elektrik üreten koşu bantları kullanılması, bu bantlarda bir saatlik antrenman ile üretilen enerji ile ampulün sekiz saatlik kullanabileceği belirtilmiştir (akt. (Tosun Tunç ve Sevilmiş, 2019). Ayrıca giyilebilir teknolojiler (Akçalı, 2016; Sönmez Çakır, Aytekin ve Tüminçin, 2018), topun çizgiyi geçip geçmediğinin anlaşılması



ve maçların objektif değerlendirilmesini sağlayan gol çizgisi teknolojisi, çipli akıllı ayakkabılar, 2018 Dünya kupasında kullanılan ve VAR olarak isimlendirilen video yardım hakem sistemi (Tosun Tunç ve Sevilmiş, 2019) gibi pek çok farklı akıllı uygulamalar yanında elektronik sporlar da (Kocadağ, 2017) artık günümüzde akıllı teknolojilerin ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Elektronik sporlar da geleceğin akıllı şehir uygulamaları içerisinde önemli bir yer alacağı düşünülmektedir.

### **Şehir İçin Olumlu Özellik Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Akıllı şehir kavramını açıklamada kullanılan metaforların yer aldığı bir diğer kavramsal kategori ise "şehir için olumlu özellik kavramsal kategorisi", bu kategori altında verilen metaforlar (Tablo 5) incelendiğinde; lisanslı spor yapanlardan "akıllı şehir" kavramına ilişkin sadece birer kişinin "çağdaşlık" ve "aydınlık" metaforunu kullandıkları görülmüştür. Lisansı olmayan öğrencilerin "akıllı şehir" kavramını açıklamaya ilişkin kullandıkları metaforlar olarak en fazla "ulaşım kolaylığı" sonrasında "düzen" ardından birer kişinin de "sistemleşme", "kendine yeten şehir" ve "kentsel dönüşüm" metaforunu kullandığı görülmektedir.

Takım sporu yapanların "şehir için olumlu özellik kavramsal kategorisi" altında verilen metaforlarına bakıldığında; ikişer kişinin "ulaşım kolaylığı" ve "düzen", birer kişinin de "sistemleşme" ve "kentsel dönüşüm" metaforu kullanırken; bireysel sporlarda ise birer kişi tarafından "ulaşım kolaylığı", "kendine yeten şehir", "çağdaşlık" ve "aydınlık" metaforunu kullandıkları görülmüştür.

Hem lisanslı spor yapanlar ve lisansı olmayanlar hem de takım ve bireysel spor yapanlar açısından "erişilebilirlik" kavramını açıklamada sadece "ulaşım kolaylığı" metaforunu kullandıkları görülmüştür.

### **Bilgi Sağlayıcı Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Bilgi sağlayıcı kavramsal kategorisi altında verilen metaforlar incelendiğinde (Tablo 6); akıllı şehir kavramı için lisanslı sporcuların "bilgi", lisansı olmayan öğrencilerden de birer kişinin "kitap" ve "bilim" metaforunu kullanarak "akıllı şehir" kavramını açıkladıkları görülmüştür.

Takım sporu yapanların "akıllı şehir" kavramını açıklarken birer kişinin "kitap" ve "bilim", bireysel spor yapanların ise "bilgi" metaforunu kullandıkları görülmüştür.

Erişilebilirlik kavramı açısından incelendiğinde ise; lisanssız spor yapanlar ve takım sporu yapanların sadece "bilim" ve "kütüphane" metaforunu kullandıkları, yine lisanssız ve bireysel spor yapanların ise herhangi bir benzetme yapmadıkları görülmüştür.

### **İnsan ve İnsana Ait Pozitif Özellik Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

İnsan ve insana ait pozitif özellik kavramsal kategorisi altında verilen metaforlar incelendiğinde (Tablo 7); lisanslı spor yapanları en fazla "İnsan", ardından "eşitlik", ikişer kişinin de "sosyal aktivite" ve "beyin", birer kişinin de "işgücü kolaylığı" ve "özgürlük" metaforunu kullandığı görülmüştür. Lisanssız spor yapanların ise "akıllı şehir" kavramına ilişkin; "eşitlik", "insan" ve "beyin" metaforunu eşit oranda en fazla kullandıkları, ardından da "özgürlük", birer kişinin de "verimli zaman" ve "sosyal aktivite" kullandıkları görülmüştür.

Takım sporu yapanların "akıllı şehir" kavramına ilişkin verdikleri yanıtlara bakıldığında en fazla "eşitlik" ardından ikişer kişinin "sosyal aktivite" ve "beyin", birer kişinin de "insan" ve "verimli zaman" metaforunu kullandıkları görülmüştür. Bireysel spor yapanlarda ise "eşitlik", "beyin" ve "özgürlük" metaforunun eşit düzeyde en çok kullanıldığı görülürken; birer kişinin "sosyal aktivite" ve "işgücü kolaylığı" metaforunu kullandığı belirlenmiştir.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin kullanılan metafora bakıldığında; lisanslı spor yapanlardan ikişer kişinin "hayaller" ve "eşitlik", birer kişinin de "ihtiyaç giderilmesi", "özgürlük", "istekler", "zenginlik" ve "güç" metaforunu kullanırken; lisanssız spor yapanların ise "verimli zaman", "güç", "özgürlük" ve "eşitlik" metaforunu eşit düzeyde en fazla kullandıkları, ardından birer kez de "istekler", "hayaller" ve "para", ihtiyaç giderilmesi metaforunu kullandıkları görülmüştür. Yine takım sporu yapanların; en fazla "güç", ardından "özgürlük", "istekler", "hayaller", "zenginlik", "eşitlik" ve "verimli zaman" metaforunu kullandıkları, bireysel spor yapanlara bakıldığında ise; en fazla "eşitlik", ardından "ihtiyaç giderilmesi", "özgürlük" ve "hayaller", birer kere de "istekler", "para", "güç" ve "verimli zaman" metaforu kullandıkları görülmüştür.

### **Bilişimde Kolaylaştırıcı Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar**

Bilişimde kolaylaştırıcı kavramsal kategorisi altında verilen metaforlar incelendiğinde (Tablo 8); "akıllı şehir" kavramına ilişkin lisanslı spor yapanlar ve takım sporu yapanların "internet" ve "google" metaforunu eşit, lisansı olmayan sporcuların ise en fazla "internet" ardından "google" metaforunu kullandıkları, bireysel spor yapanların ise sadece "internet" metaforunu kullandıkları görülmüştür.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin açıklamalara bakıldığında ise; lisanslı sporcuların sadece "internet" metaforu kullanırken, lisansı olmayan sporcuların ise en fazla "internet" ardından "yazılım", takım sporu yapanların "internet" metaforunu, bireysel spor yapanların ise en fazla "internet" ardından "yazılım" metaforunu kullandıkları görülmüştür.

### Doğa ve Doğadaki Nesne Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar

Doğa ve doğadaki nesne kavramsal kategorisi altında verilen metaforlar incelendiğinde (Tablo 9); “akıllı şehir” kavramını açıklarken lisanslı sporcuların; “doğal oluşum”, “doğa” ve “bilim” metaforunu birer kez kullandıkları, lisansı olmayan sporcuların en fazla “doğa”, ardından “doğal oluşum” sonrasında ise “bitki” metaforunu kullandıkları, takım sporu yapanların ise “doğal oluşum” ve “doğa” metaforunu eşit kullanırken “bitki” metaforunu ise bir kez kullandıkları görülmüştür. Bireysel spor yapanlara bakıldığında ise en fazla “doğa” ardından ise “doğal oluşum” ve “bitki” metaforunu birer kez kullandıkları belirlenmiştir.

Erişilebilirlik kavramını açıklarken kullanılan metaforlara bakıldığında; lisanslı sporcuların “doğal oluşum” metaforunu sadece bir kez kullandıkları, lisanssız sporcuların en fazla “doğal oluşum” ardından “doğa” metaforunu kullandıkları, takım sporunu yapanların da sadece “doğal oluşum”, bireysel spor yapanların ise sadece “doğa” metaforunu kullandıkları belirlenmiştir.

### Nesne ve Kavramlara İlişkin Kavramsal Kategorisi Altında Verilen Metaforlar

Nesne ve kavramlara ilişkin kavramsal kategorisi altında verilen metaforlar incelendiğinde (Tablo 10); lisanslı spor yapanlar ve takım sporu yapanların bu kategoride yer verilen metaforları kullanmadıkları, lisansı olmayanlar ve bireysel spor yapanların sadece “dolu bardak” metaforunu kullandıkları görülmüştür.

Erişilebilirlik kavramını açıklamada lisanslı spor yapanların birer kez “tuttuğu takım” ve “sınırsızlık” lisansı olmayan sporcuların da “tuttuğu takım”, “sınırsızlık”, “okey taşı”, “Anayasa”, “devlet” ve “hediye” metaforunu kullandıkları; takım sporu yapanların ise en fazla “tuttuğu takım” ve “hediye” ardından birer kez “devlet”, “anayasa”, bireysel spor yapanların da en fazla “sınırsızlık” ardından “okey taşı” metaforu kullanarak açıklama yaptıkları belirlenmiştir.

Sonuç olarak, literatürde konuyla ilgili araştırmaların sınırlı

kalmaması ve çok geniş boyutlu değerlendirme yapmaya el vermesinde de, spor alanında inovasyon olarak değerlendirilen teknolojik ürünlerle ilgili çalışmalar olduğu görülmektedir (Akçalı, 2016; Kocadağ, 2017; Sönmez Çakır, Aytekin ve Tüminçin, 2018; Tosun Tunç ve Sevilmiş, 2019). Yine özellikle akıllı uygulamalar içerisinde engellilerin ulaşımını kolaylaştıran ve tesislerde görme ve işitme engelli bireylerin erişimini sağlayan ve bağımsız hareket etmelerini destekleyen Türk Telekom tarafından yürütülen “sesli adımlar” projesi gibi çalışmalara da rastlanmaktadır (akt. Atalı, 2018: 1994).

Ayrıca ülkemizde kentlerin erişilebilirliği destekleyici akıllı uygulamalar çok fazla bulunmasa da yerel yönetimler tarafından özellikle engelliler için sanat, spor ve kültürel açıdan erişilebilir hizmetler de sunulmaktadır (<http://www.bagcilarengellilersarayi.com/>; [cekmekoy.bel.tr](http://cekmekoy.bel.tr); [uskudar.bel.tr](http://uskudar.bel.tr))

Gerek literatürde yapılan çalışmaların sınırlı kalması ve gerekse öğrencilerin “akıllı şehir” ve “erişilebilirlik” kavramlarını açıklamada kullandıkları metaforlar göz önüne alındığında, toplumda birey yetiştirecek öğretmen adayları bireylerin konuyla ilgili farkındalıkların çok fazla olmadığı, daha çok günlük yaşam alışkanlıklarının etkisiyle açıklamalar yaptıkları kullandıkları metaforlardan anlaşılabilir. Bu açıdan tüm meslek gruplarında erişilebilirliği destekleyen akıllı şehir uygulamalarını içeren bilgilendirmelerin yapılması ve mesleki eğitim programlarında yer alması da gerekli görülmüştür.

Özellikle giderek artan insansız teknolojik hizmetler ve ortamlarla yalnızlaşacak bireylerin ruh sağlığının korunmasında önerilen sosyal etkinliklerden biri olan spor eğitimini verecek öğretmen adaylarına yönelik akıllı ve erişilebilir şehir kavramları hakkında da bilgilendirici faaliyetlerin yapılması gerektiği görülmektedir.

Araştırma, amacına uygun olarak spor bilimleri fakültesi öğrencileri ile sürdürülmüştür. Ancak akıllı şehirlerin insana hizmet veren ergonomik düzenlenebilmesi açısından bundan sonraki çalışmaların farklı gruplar üzerinde yapılmasının farklı meslek alanlarında öğrenim görenlerin düşüncelerini ortaya konulması önerisi araştırmacılar tarafından uygun görülmüştür.

## Kaynakça

- Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı (2013), Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Yönetmeliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130720-9.htm>.
- Akçalı, K. (2016). Farklı Spor Branşlarında Kullanılan Akıllı Tekstil Ürünlerinin İncelenmesi. *International Journal of Science Culture and Sport*, 4(3), 689-703. <https://acikerisim.bartın.edu.tr/handle/11772/1210>
- Akgül, M.K. (2013). Kentlerin e-Dönüşümü Akıllı Kentler. *Anahtar Dergisi*, <http://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/kentlerin-e-donusumu-akilli-kentler/416>.
- Aslan, G. (2015). Öğretmen adaylarının toplumsal cinsiyet algılarına ilişkin metaforik bir çözümleme. *Eğitim ve Bilim*, 40(181), 363-384. <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/2930>
- Atalı, L. (2018) Akıllı Şehir Uygulamalarına Yönelik Sporun İncelenmesi. 16. Spor Bilimleri Kongresi. Tam Metin Bildiri Kitabı. Antalya. S: 1991 1996.
- Baydemir, T. (2017): Giyilebilir Teknolojiler ve Spor. *Bilim Teknik Dergisi*, 55, 52-59 <https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=jEcO+txJXmgXYw+WD2BQHgN?dergiKodu=4&cilt=50&sayi=954&sayfa=52&yaziid=40629>
- Elmacı, D. (2019). Avrupa'daki Erişilebilirlik Uygulamaları: Borås ve Cardiff Örneklerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 19 (43), 33-60. <https://dergipark.org.tr/en/pub/spcd/article/453040>
- Eker, C. ve Sıcak, A. (2016). Sınıf öğretmeni adaylarının birleştirilmiş sınıflı öğretime ilişkin zihin imgeleri (metaforları). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37, 133-153. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/181537>
- Ekici, G. ve Akdeniz, H. (2018). Öğretmen adaylarının "sınıfta disiplin sağlamak" kavramına ilişkin algılarının belirlenmesi: Bir metafor analizi çalışması. *Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33, 26-37. <https://dergipark.org.tr/en/pub/zgefd/issue/47926/606266>
- Kaplan, H. ve Öztürk, M., (2004), Engelliler, Kamu Mekânı ve Engelsiz Tasarım: Kamusal İç Mekânlarda İrdelenmesi İçin Bir Çerçeve, *Planlama Dergisi*, Sayı: 2004/2, 67-74. [https://www.spo.org.tr/resimler/ekler/290a7385ed77cc5\\_ek.pdf](https://www.spo.org.tr/resimler/ekler/290a7385ed77cc5_ek.pdf)
- Kocadağ, M., (2017). Elektronik Spor Kariyeri ve Eğitim. *Doğu Anadolu Sosyal Bilimlerde Eğilimler Dergisi*, 1 (2), 49-63. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/355728>
- Köseoğlu, Ö. ve Demirci, Y. (2018) Akıllı Şehirler Ve Yerel Sorunların Çözümünde Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı, *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, Ağustos, 4(2), 40-57. <https://dergipark.org.tr/en/pub/icps/article/499842>
- Lakoff, G. ve Johnson, M. (2005). Metaforlar hayat, anlam ve dil (G. Y. Demir, Çev.). İstanbul: Paradigma Yayınları.
- Lehr, T. (2018), "Smart Cities: Vision on-the-Ground", McClellan, S., J. A. Jimenez ve G. Koutitas (Ed.), *Smart Cities Applications, Technologies, Standards, and Driving Factors* içinde. Cham, Switzerland: Springer, p.3-17. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-59381-4\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-59381-4_1)
- Örselli, E., Akbay, C., (2019). Teknoloji ve Kent Yaşamında Dönüşüm: Akıllı Kentler. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(1), 228-241. <https://dergipark.org.tr/en/pub/mana/issue/45278/544549>.
- Pehlivan, E., (2017). "Katılımcı, Sürdürülebilir Bir Akıllı Şehir Hedefliyoruz". *Fortune Dergisi*. <http://www.fortuneturkey.com/yol-acin-akilli-sehirler-gelir-45878>.
- Sümer, G. (2015). "Engelsiz Şehir" Kavramı Açısından Malatya. *Yönetim ve Ekonomi*, 22 (1), 139-157.
- Sönmez Çakır, F., Aytakin A. ve Tümeçin, F. (2018). Nesnelerin İnterneti ve Giyilebilir Teknolojiler. *Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi*, 4(5), 84-95. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sadab/issue/38842/452877>
- Şat, N. ve Göver, T. (2017). Engelliler İçin Belediyelerin Erişilebilirlik Sorumlulukları: Çorum Engel Haritası Projesi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 521-541. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hititsosbil/issue/30629/287902>
- Tosun Tunç, G. ve Sevilmiş, A. (2019). Sporda İnovasyon: Bir Derleme Çalışması. *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 39-46. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tsbd/issue/44025/469737>
- Usta, R. ve Memiş, L., (2010), Belediye Hizmetlerinde Kalite: Giresun Belediyesi Örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15(2), 333-355. <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=6d96d9d8-6363-4f66-af11-152f32767254%40redis>
- Yalçın, E. (2019). Küresel Kente Alternatif Olarak Sakin Şehir: Türkiye Sakin Şehirleri Üzerinden Değerlendirme. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 19 (38 ), 202-230. <https://dergipark.org.tr/en/pub/susead/issue/49975/514719>
- Yıldırım, A. ve Şimşek H. (2008). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Zheng, H. ve Song, W. (2010). Metaphor analysis in the educational discourse: A critical view. *US-China Foreign Language*, 8(9), 42-49. [http://www.maraserrano.com/MS/articulos/mt\\_62831195.pdf](http://www.maraserrano.com/MS/articulos/mt_62831195.pdf)

### İnternet Kaynakları

- <http://www.bagcilarengellilersarayi.com/>
- <https://www.cekmekoy.bel.tr/haber/cekmekoy-engelsiz-yasam-merkezi-egitimlerine-basladi>
- <https://www.uskudar.bel.tr/tr/main/pages/engelsiz-yasam-merkezi/431>





# Veri GÜdümlü Kent Yönetimi: Otobüs Hatları için Gerçek Zamanlı Durak Yoğunluğu Engelleme ve Operasyon Destek Sistemi

## Data Driven City Management: Real-Time Bus Bunching Prevention and Operation Support System for Bus Lines

**Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK**

Gebze Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
e-posta: gokturk@gtu.edu.tr  
ORCID: 0000-0002-8030-8923

**Bekir ÖZYURT**

Kent Kart  
e-posta: bekir.ozyurt@kentkart.com.tr  
ORCID: 0000-0001-8307-5291

### Öz

Bugüne kadar toplu taşımada nesnelerin interneti (IOT) verilerinin sefer zaman, pozisyon ve seyahat kalitesi bileşenlerinin toplu olarak değerlendirildiği sistemler ayrı ayrı mevcut olsa da yoğunlukla uygulamada yaygın kullanılmadığı, operasyonlarda proaktif müdahalenin ve veri odaklı çalışmanın öneminin tam olarak kavranmadığı görülmektedir. Uygulama süreçlerinde sorunların olduğu, literatüre dayalı çalışmaların yaygınlaşmadığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmada kentsel otobüs operasyonunda durakların birden çok hat tarafından kullanılmasından oluşan yoğunluğun azaltıldığı, otobüslerin durağa yığılması nedeniyle oluşan yol tıkanması ve trafiğin ortadan kaldırılmasına, yolcuların ileri geri koşuşturmasının engellenmesine yönelik yapılan tasarım ve çalışma incelenmektedir. Çalışmada bilimsel temellere dayalı, sürücü ve operatörün algısal özelliklerini dikkate alan, sürekli farkındalık temelli ve uzun vadeli planlamaya yönelik sefer kararlılığı sağlayan, durak kalabalığı giderici, durumsal farkındalık oluşturucu sistem tasarımı oluşturulmuştur. Geliştirilen modelde duraklara yaklaşan araçların nesnelerin interneti yaklaşımı ile izlenerek akıllı şoför etkileşimli sistem ile duraklarda birikmesine engel olacak yaklaşım kurgulanmıştır. Uzaktan izleme ve sefer planlama dikkate alındığında, literatürdeki ve prototip uygulamalar dikkate alındığında bu yaklaşımın durak büyüklüğünün azaltılmasına yardımcı olacağı, hatlar arasındaki varyasyonu azaltarak özel işletmeciler arasındaki gelir dağılımını da adil bir hale getireceği değerlendirilmiştir. Ayrıca operatörce aktif plan değişiklikleri ve müdahaleler için bir veri analiz zemini hazırlanmış olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Şehir, Toplu Taşıma, Durak Yoğunluğu, Nesnelerin İnterneti, Trafik, Ulaştırma, İnsan Bilgisayar Etkileşimi.

### Abstract

Although there are separate systems that evaluate the time, position and travel quality components of the internet of things (IOT) data in public transportation, it is seen that they are not widely used in practice and the importance of proactive intervention and data-oriented work in operations is not fully understood. It is understood that there are problems in the implementation processes and studies based on the literature are not widespread. In this study, the design and work done to reduce the density caused by the use of stops by more than one line in the urban bus operation, to eliminate the road congestion and traffic caused by the crowding of the buses to the stop, and to prevent the passengers from running back and forth are examined. In the study, a system design based on scientific foundations, taking into account the perceptual characteristics of the driver and operator, providing voyage regulation for continuous awareness and long-term planning, eliminating the stop crowd, and creating situational awareness was created. In the developed model, vehicles approaching the stops are monitored with the internet of things approach, and an approach is designed to prevent them from accumulating at the stops with the smart driver interactive system. Considering the remote monitoring and voyage planning, considering the literature and prototype applications, it has been evaluated that this approach will help reduce the size of the stops, reduce the variation between the lines and make the income distribution among private operator vehicles fair. In addition, a data analysis ground is prepared for active plan changes and interventions by the operator.

**Keywords:** Smart City, Public Transportation, Bus Bunching, Internet of Things, Traffic, Transportation, Human Computer Interaction.

## Giriş

Modern kentlerin önemli problemlerinden biri olan toplu ulaşım, aynı zamanda kent yönetiminin ve kentteki görünür medeniyetin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Toplu ulaşım günümüz kent yönetimi açısından çok boyutta çözülmesi gereken birçok problemi içinde barındırmaktadır. Bunlar metro sisteminin geliştirilmesi, yol ağının oluşturulması, konutların iş merkezlerinin, etkinlik merkezlerinin imar planlaması gibi çok yüksek bütçeli ve temel problemleri de içermektedir.

Toplu ulaşım sistemlerinin önemli bir bölümü birçok kentte lastik tekerlekli otobüslerden oluşmaktadır. Bu otobüsler, birçok nokta arasında hat tabanlı yolcu taşımayı ve buna ek olarak çoğu kez metro, tren, vapur gibi diğer ulaşım ağları ile entegrasyon görevini sağlamayı ve hedefleyerek işletilir. Başarılı bir kent ulaşım sisteminin anahtar kelimesi “planlama” ve “gerçekleme” olarak belirlenmektedir. Doğru planlanmış ve etkin çalışan bir toplu ulaşım sistemi o kentin yerel yönetiminin önemli başarısı olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan planlamanın, uygulanabilir bir planlama olması ve gerçekleştirilebilir olması beklenir.

Büyük kent yönetimlerinin toplu taşıma operasyonları karmaşık problemler içermektedir. Bunlar, otobüslerin teknik bakımından araç şoförlerinin psikolojik danışmanlıklarına kadar çeşitli boyutlarda olabilmektedir. Başarılı yönetilen modern bir şehirde toplu taşımanın başarılı operasyonu esas olarak kabul edilmektedir. Planlama, yürütme ve analiz safhalarında gerçekleşen toplu taşıma operasyonlarının yönetim süreçlerinde karar alıcıların nitelikli karar vermeleri sağlanmalı, tüm sürecin karar alıcılar tarafından tam olarak kavranması, alınan kararların etkin bir biçimde uygulanması gerekir. “Toplu taşıma”, otobüs, raylı sistem, deniz araçları ve diğer bileşenlerin bir araya gelmesi ile oluşturulan hibrit anlam ifade etmektedir. Bu çalışmada, “otobüs” temelli toplu taşıma araçlarının operasyonel yürütme sürecinde yaşanan bazı sorunlara gerçek zamanlı geri besleme yaklaşımı ile yenilikçi çözüm getirmek amaçlanmıştır.

Toplu taşıma sisteminin en önemli evresi planlamadır. Bu amaçla tüm seferlerin gerçekleştirilmesi için öncelikli olarak tüm detayları barındıran planlama gerekmektedir ve bu plan dahilinde planların gerçekleşen verilerle karşılaştırılması ihtiyacı doğmaktadır. Planlanan seferlerin gerçekleşen seferlere uyumu, İngilizcede “Schedule Adherence” olarak tanımlanmaktadır. Kentsel sefer planlamaları çok farklı etkenlere, sosyoekonomik ve siyasi parametrelere, iş profiline ve çalışma saatlerine bakılarak yapılmaktadır. Birçok nokta arası farklı seferler birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de planlanmakta ve yürütülmektedir. Ancak planlanan seferlerin sefer hattı boyunca dış etkenler, trafik, yolcu inip binmeleri, sürücü kullanım hızı ya da trafik ışıklarına ard arda takılma gibi nedenlerle hat boyunca giderek artan bir varyasyona bağlı olarak hedeften sapmalar gösterdiği görülmektedir (Schmaranzer, Braune ve Doerner, 2021).

Aynı hatta planlanmış ardışıl seferler arasındaki planlanan zamansal uzaklığa “Sefer Aralığı” (Headway) denilmektedir. Örneğin iki sefer arasında 20dk, değer birçok sosyolojik, demografik, ekonomik ve politik değişkenler ışığında planlama operatörü tarafından belirlenir. Yerel yönetimlerin uzun yıllardan bu yana temel performans hedeflerinden biri bu nedenle “sefer aralığı kararlılığı” (headway stability), yani değişkenliğin en aza indirilmesi olmuştur. Başarılı bir operasyonda bu değerdeki stabilite, kalite göstergesi olarak algılanmakta ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır (Gkiotsalitis ve Cats, 2021).

Öte yandan çok sefer tarafından paylaşılan güzergâhlarda yeni çözülmesi gereken ilginç problemler doğmaktadır. Birçok seferin farklı noktalar arasında belirli saatler arasında planlanması sürecinde anayolların bu seferler tarafından ortak kullanımı söz konusudur. Birçok durak farklı seferler tarafından ortak kullanılmaktadır. Yolcular, kendi kalkış ve varış noktaları arasında birden çok hatta çalışacağı varsayılan otobüslere hat gözetmeksizin binebilmektedir. Bunlar arasında örnek olarak İzmit Büyükşehir Belediyesi’nin D100 karayolu üzerinde durak paylaşımı yaptığı seferler örnek gösterilebilir (Şekil 1). Bu tür paylaşımlı hatlarda bazı çözümlerin ekspres durak noktaları ile sistemin verimini artırdığı görülmüştür.



Şekil 1. Farklı Hatların Durak Paylaşımı (KBB)

Birçok durumda çözülebilir olan problemlerin geç fark edilmesi ya da hiç fark edilememesi, mevcut kaynakların ve filo olanaklarının değerlendirilememesi nedeniyle müşteri memnuniyetsizliği ve taşınabilen yolcu sayısında azalma, seyahat sürelerinde gereksiz uzamalar yaşanabilmektedir. Dolayısı ile yönetsel olarak anlık ve geçmişe dönük bilgilerin operatör seviyesinde ve yönetim seviyesinde değerlendirilebilmesi büyük yararlar sağlayacak işlemlerdir. Bu çalışmada önerilen model, operatör seviyesinde ve yönetsel seviyede gerçek zamanlı sefer performans yönetimine odaklanmıştır (Gkiotsalitis ve Maslekar, 2018). Toplu taşıma ulaşım sistemlerinin yeni nesil akıllı teknolojiler ile iyileştirilmesi yaklaşımı ile otobüs hat performansının izlenmesi, tanımlanan belirli problemler açısından hizmet kalitesinin iyileştirilmesi çalışmanın ana nihai hedefidir (Furth ve Wilson, 1981).

## Sefer Birleşmesi Problemi

Toplu taşımacılık literatüründe "Sefer Birleşmesi" (Bus Bunching) adı verilen otobüslerin "Sefer Aralığı Kararlılığı" sorunu nedeniyle durağa arka arkaya aynı anda yanaşması problemi oluşur (Andres ve Nair, 2017), (He, 2015). Bu durum çok sayıda sefer hattının paylaştığı güzergâhlardaki duraklarda daha da büyük sorunlara yol açabilmektedir. Gerek trafiği olumsuz etkilemesi, gerek yolcuların otobüsler arası koşuşturmasına yol açması, gerekse durakta bekleme ve sefer süresinin uzaması gibi birçok olumsuzluğa yol açmaktadır. Uzun süre durakta hiçbir otobüsün gelmemesi ardından birçok otobüsün arka arkaya durağa yanaşması müşteri kalite algısını olumsuz etkilemekte, durak alanının büyütülmesi ihtiyacını doğurmakta, öte yandan durak büyüdükçe yaya olan yolcuların istedikleri otobüsü bulmalarını zorlaştırmaktadır (Şekil 2).

Çoğu durumda durağa yanaşmak isteyen otobüsler geriye doğru trafiği tıkamakta, ikinci sıra park etme nedeniyle arkadan gelen diğer

araç trafiğini büyük ölçüde olumsuz etkilemektedir. Tek hatta yaşanan problemler yalnızca otobüsün vaktinde gelmemesi ve gecikme sonunda çok yakın aralıklarla ya da arka arkaya gelmesi ile sınırlı iken çok hattın kullandığı ortak güzergâhlarda durum daha da kötü bir tablo oluşturmaktadır. Ayrıca Poisson süreci ile duraklarda biriken yolcuların aralık varyasyonundaki aşırı dalgalanma nedeniyle önde gelen otobüse fazla sayıda yolcu alınırken arkadaki otobüsün boş geçmesi gibi sorunlara yol açtığı da bilinmekte ve literatürde vurgulanmaktadır (Moreira, Gama, Mendes ve Freire, 2014). Bu dalgalanmanın özel halk otobüsü modeli ile çalışılan kentlerde serbest sahiplik olduğunda işletmecilere gelir adaletsizliği konusunda çok olumsuz dönüşü de olmaktadır. Geleneksel minibüs hatlarında belirli noktalarda "değnekçi" adı verilen ve minibüsleri gerektiğinde bekleten, sıra kontrol eden personelin temel geleneksel görevi bu düzeni sağlamaktır.





Şekil 2. Sefer birleşmesi (Bus Bunching) Problemi

Bu seferler kendi başlarına ayrı saatlerde olmakla birlikte ortak durakları kullanmakta oldukları güzergâh boyunca birbiri ardına tam bir anlık planlama ve koordinasyon olmaksızın seyahat etmektedir. Otobüslerin bir kısmı özel halk otobüsü ya da midibüsü olup gelir modelleri bakımından mali açıdan birbirinden izole çalışmaktadır.

Daha modern çözümlerde sefer yapan otobüslerin birbirleri arasındaki mesafenin korunması ve sefer programına daha uygun hizmet sağlanabilmesi için bazı ülkelerde bekleme noktaları ve sinyalizasyon sistemi oluşturulmaktadır. Bu bekleme noktalarında otobüsler planlanan saatin ilerisinde iseler beklemekte ve böylelikle plan varyasyonunu azaltmaya çalışmaktadır (Xuan, Argote ve Daganzo, 2011). Ancak bu durum, otobüsün içindeki yolcuların seyahat süresinin uzamasına ve beklemeden dolayı şikayet etmelerine yol açmaktadır. Literatürde yapılan simülasyon tabanlı çalışmalarda dinamik olarak sürücünün bilgilendirilerek araç hızının kontrolü ile problemlerin önemli ölçüde giderilebileceği gösterilmiş ve önerilmiştir (Eldeeb, Idris ve Parrott, 2018). Bazı çözümlerde ise durakları incek yoksa gerekirse pas geçme talimatlarının oluşturulması da yer almaktadır.

Toplu taşıma konusunda gerçek zamanlı filo yönetimi çalışmaları son 5 yıldan bu yana dikkat çekmektedir. Daha önceki dönemlerde uluslararası düzeyde yerel yönetimlerce yapılmış çalışmalara bakıldığında otobüslerin sefer planına uygunluğu ana başarı kriteri olarak tanımlanmakta olup stabilitenin sağlanması için trenlerde olduğu gibi sinyalizasyon sistemi ya da görevliler aracılığı ile duraklar arası bekleme noktaları oluşturulması denenmiştir (Ceder, 2016). Ancak bu yaklaşım sefer süresini uzattığı gibi otobüse zaten binmiş yolcuları “neden bekliyoruz” şeklinde şikayetlerde bulunmalarına yol açtığı belirtilmiştir (An, Fu, Huang, Cheng ve Liu, 2020). Son dönem makalelerine bakıldığında gerçek zamanlı planlamanın simülasyon çalışmalarında hem durakta inme binme süresini durağın verimli kullanılması sayesinde azalttığı hem de “sefer birleşmesi

(bunching)” probleminin giderilmesi nedeniyle tercih edilmesi üzerinde durulmaktadır.

Farklı ülkelerin otobüs yönetim sistemleri verileri üzerinde güncel verilerle yazılmış olan bilimsel makalelerde bu tekniklerin kullanılması gerektiği üzerinde durulmaktadır. Güncel bilimsel çalışma ve popüler literatürde büyük kentlerde bilinen yaygın kullanılan bir çözümden bahsedilmemektedir (Gkiotsalitis ve Alesiani, 2019). Mevcut çalışmaların makine öğrenmesi ya da istatistiksel modellere daha çok yöneldiği ve simülasyon çalışmaları ile desteklendiği gözlenmektedir (Shang, Huang ve Wu, 2019).

Veri gösterimi açısından literatüre, Türkiye ve dünyadaki örneklerle bakıldığında çoğu yerde liste bazlı gösterimin yaygın olduğu ve operatörlerin bu değerleri kullanarak karar verdiği görülmektedir. Gösterilen değerler kırmızı turuncu ve yeşil gibi ayrı renklerde işaretlenerek geç kalındığı operatöre ifade edilebilmektedir. Bu sayede çok sayıda hattın sefer tamamlama performansı üzerinde bir yorum yapılabilir. Bu amaçla hat boyunca durakları ele alan uzamsal gösterim tercih edilir.

Halihazırda birçok belediye kent haritası üzerinde otobüsleri gösteren coğrafi bilgi sistemleri ile ilk başta donatılmaktadır (Automatic Vehicle Locator - AVL). Bunun gerçekleştirilmesi, harita bilgisinin sağlayıcılardan kolaylıkla elde edilmesi, yolların çizilmesi gibi gereksinimlerin oluşmaması, otobüslerin pozisyonlarının ek katmana çizilmesi ile sürecin kolaylıkla görüntülenebilmesi nedeniydir (Hranac, Kwon, Bachmann ve Petty, 2011).

Toplu taşıma operasyonları son tüketiciye yönelik olmadıkları için genellikle veri görüntüleme bölümleri eksik olarak sahada çalışmaktadır. Yukarıda belirtildiği üzere harita üzerinde gösterimlerle yetinilmektedir. İdeal yapıda başarılı veri görselleştirme sisteminin bulunması önemli bir faktör olmaktadır.

## Model

Önerilen çözüm modelinde araçlardaki yeni nesil IOT cihazlardan gelen büyük veri kullanılarak sürücüye durumsal farkındalık ve sürüş modülasyonu bilgileri ulaştırılarak durağa diğer araçlarla fiziksel çakışma yapmayacak şekilde erişmesi sağlanır. Sefer planı, yolcu sayısı ve duraktan binen yolcu bilgileri, araç pozisyonu, geçmiş değerlerden makine öğrenmesi ile yapılan çıkarsama, trafik değişkenleri ve diğer araçların pozisyonu verileri kullanılır.

Problem, tek bir hatta olabileceği gibi daha önemli olarak paylaşımlı yolların çok hat tarafından kullanıldığı duraklarda daha belirgi ve kontrolü zor bir yapı sergiler (Şekil 3).

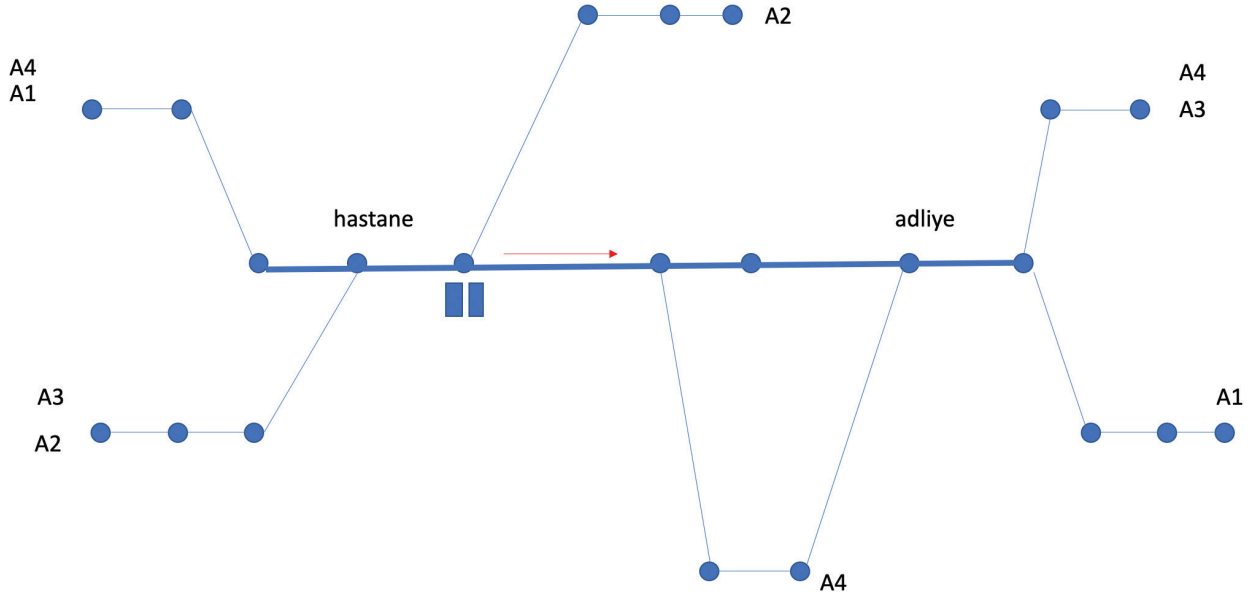
Sefer zaman stabilitesi çok uzun yıllardan bu yana toplu taşıma hizmet kalitesi bakımından tarife bağlılığı ile başabaş değerlendirilen bir değişkendir. Bir duraktan belirli aralıklarla geçmesi planlanan otobüslerin durak varış sürelerindeki varyasyon sefer zaman stabilitesini belirlemektedir. Modelin uygulanması ile sefer zaman stabilitesinin iyileştirilmesi yönünde gelişme ve tarife bağlılık değerde yükselme oluşması beklenir. Tarife bağlılık derecesi sefer zaman stabilitesi yanında kalkış zamanlarının planlaması ve uygulanabilirliği ile ayrıca değişken olarak ilgilidir (Pi, Egge, Whitmore, Qian ve Silbermann, 2018).

Durakta otobüs birleşmesi ise önceki bölümlerde de değinildiği üzere stabilitede gözlenen varyasyon nedeniyle aynı durağa aynı anda birden çok otobüsün yanaşması olarak tanımlanmıştır. Sefer birleşmesi (bus bunching) normal şartlarda tek güzergah için tanımlanır. Dolayısı ile ulusal olarak meşhur olmuş hat örnekleri arasında İstanbul 500T "Tuzla-Topkapı Cevizlibağ" hattı için çok sayıda çalışan otobüs barındıran uzun bir hatta tanımlandığında

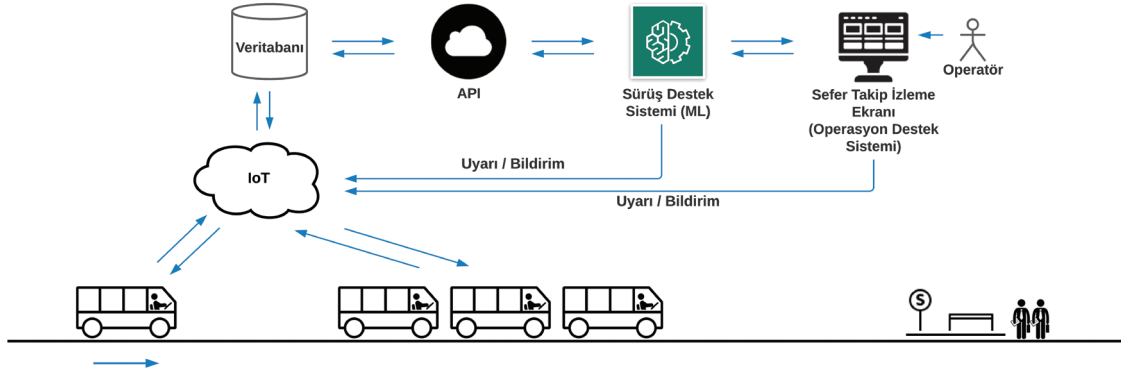
bir saat otobüs bekleyen bir yolcunun ardı ardına bir saatin sonunda iki otobüsü birden durakta görmesi şeklinde problem yaşanması otobüs birleşmesinin temel tanımıdır.

Birden çok sayıda hat aynı durakları en azından belli bir arter boyunca takip ettiğinde ise bu hatların yolcuları belli aralıklar için farklı güzergah yolcuları ile hem karışmakta hem de bu araçların binebileceği otobüs sayısı artmaktadır. Ancak sefer/otobüs/hat birleşmesi problemi ise kendini daha belirgin göstermektedir. Birçok hattın birden geçtiği bir durakta 5 dakikada bir otobüs geçmesi beklenirken 20 dakika hiçbir otobüs gelmeyip 21. Dakikada 5 otobüs birden gelebilmektedir. Hatların kalkış noktaları ve uç güzergahları farklı olduğu için bunun planlama ile senkronizasyonu mümkün değildir. Duraklardaki bu nedenle oluşan sorunların çözümü için durak büyütülmekte, direkler yapılarak belirli kodlu otobüslerin bu direklerin önünde durması sağlanarak yolcuların durmuş otobüsler arasında git gel yapmaması temin edilmeye çalışılmaktadır.

Ancak bu yaklaşımların da kendine ait sorunları vardır. Durağa yaklaşmış ve yeterli miktarda indirme bindirme alanına girememiş ancak durmak zorunda kalmış otobüs yolcuların talebi ile iniş kapılarını açmakta, bunu gören binecek olan yolcular biniş kapısının açılmasını talep etmekte ve bu nedenle durak dışı indirme ve bindirmeler mecbur hale gelmektedir. Bu süreçte asıl durakta beklemeye devam etmeyi tercih eden yolcu ise mağdur olabilmektedir. Otobüs birleşmesinin doğal sonucu ise poisson dağılımı ile gelen yolcu trafiğinin araçlara homojen ve adil olarak paylaştırılmamasıdır (Iliopoulou, Milioti, Vlahogianni ve Kepaptsoglou, 2020).



Şekil 3. Çok Hatlı Paylaşımlı Güzergah Modeli



Şekil 4. IOT yapısı kullanılarak sürücü algısal farkındalık sürüş kontrolü

Modele bağlı olarak önerilen gerçek zamanlı bilgilendirme arayüzü ile sürücüye, yaklaşmakta olduğu durakta bir yoğunluğa sebep olacak ya da sefer stabilitesini etkileyecek durum mevcut ise sürücü ekranında daha yavaş sürmesi için sürekli bildirim verilirken, durakta beklemekte yolcu almakta ya da indirmekte olan diğer sürücüye ise arkadan bir ya da birkaç otobüs daha gelmekte olduğu ve kalkış zamanının geldiği, mümkün olan en kısa zamanda kalkışın tamamlanması gerektiği bildirilmelidir. Trafik emniyeti açısından sürücülere “daha hızlı” kullanmaları yönünde bir baskı olmamakla birlikte kendi planlarına uyumluluk konusunda sabit geri besleme sinyali ile durumsal farkındalık yaratılacak ve bu “durum (status)” bilgisi olarak grafiksel kodlanmalı ve gösterilmelidir (Şekil 4).

Ortaya konan problemin ikinci boyutu operasyon yönetimidir. Sürecin takip edilmesi ve nitelikli bilgi akışının kolaylıkla özüm senerek değerlendirilmesi amacıyla büyük veri görüntüleme sistemi ile operatör seviyesinde destek sağlanarak seferlerin planlanan şekilde ve anlık sorunlardan arındırılmış bir biçimde yürütülmesi gereklidir.

Birçok ülkede, hızlı işgücü değişimi nedeniyle sürücü personelin becerileri yetersiz kalabilmekte, rotalara uyma, zamanlamaya dikkat edememe, disiplinsizlik gibi hizmet kalitesini oldukça kötü yönde etkileyen durumlar oluşmaktadır (Guihaire ve Hao, J2008). Sürücülerin ve operatörlerin elektronik sistemler aracılığı ile uyarılarak/desteklenerek sürüşlerinde düzeltme yapmalarının istenmesi ve gerektiğinde yavaşlamaya yahut beklemeye yahut devam etmeye yönelik bildirimlerde bulunulması ile ya da bazı durumlarda elde edilen raporlar sonucunda personel eğitimi ya da uyarı verilmesi bu nedenle önem taşımaktadır.

Bu çalışmada ortaya konan model, uzun dönemli salınımları ve kronikleşen problemleri görüntüleyerek ve raporlar oluşturarak mevcut sorunların çözümü ve olası sorunlar için önceden çözüm geliştirilmesi ve hizmet kalitesinin artırılması için fırsat oluşturmaktadır.

Özel günler, trafik kazaları, terör ya da protesto olayları, farklı meteorolojik durumlar, küresel fuar, yarış, olimpiyat vb. etkinliklerde

olağan dışı durumlarda toplu taşıma operasyonlarına müdahale edilmesi ve operasyon hizmetinin gerektiğinde güçlendirilmesi veri odaklı yaklaşımla mümkün olacaktır.

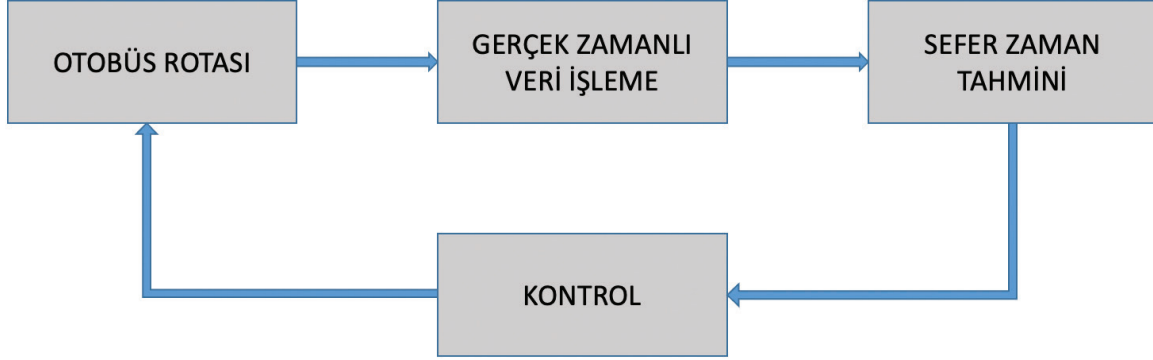
Modelde genel olarak aşağıdaki temel değişkenler parametrik olarak ele alınır:

- “Sefer Aralığı Kararlılığı” (headway stability),
- “Sefer Birleşmesi” (bus bunching),
- “Durak Kalabalıklaşması”,
- “Yolcu Dağılımı”
- “Tarife Bağlılığı” (schedule adherence)

Bu değişkenlerin işlenmesi amacıyla paylaşımlı duraklar içeren ana güzergahlarda bulunan duraklardaki yolcu davranışları binme ve inme noktaları detaylı olarak analiz edilir. Örneğin İzmit Bölgesi’nde D100 yolu üzerinde paylaşımlı durakların ve yolcu hedeflerinin bu perspektifte incelenmesi gerçekleştirilir.

Bu çalışmada önerilen model, araçların gerçek zamanlı IOT cihazlarından gelen veriler değerlendirilerek izlenmesi sonucunda, yolcu sayısı, araç koordinatları ve tahmin edilen varış anına bağlı olarak durak kalabalığı kestirimi yapılarak buradan elde edilen çıkarım doğrultusunda arkadan gelen araçların sürücülerine durumsal farkındalık sağlayan gerçek zamanlı grafiksel bildirim verilmesine dayanmaktadır.

Literatürdeki birçok çalışmada önerilen ve simülasyonlarda başarılı olduğu gösterilen bu yaklaşım ile müşteri memnuniyeti artırılırken sefer süresi genel anlamda durak sıkışmalarının azalması nedeniyle kısaltılabilir. Tüm araçlarda bilete ve bazı araçlarda indi bindiye göre de halen veri alma olanağı mevcuttur ve daha da geliştirilmektedir, ayrıca mobil app üzerinden durakta bekleme süresi inilen ve binilen duraklar takip edilerek veri toplanabilmektedir (Sobral, Galvão ve Borges, 2019). Otobüslerin anlık olarak GPS verileri ve durağa erişim bilgileri, durakta bekleme süresi bilgileri veri havuzuna girilmektedir.



Şekil 5. Gerçek Zamanlı Kontrol Modeli

Birçok durumda çözülebilir olan problemlerin geç fark edilmesi ya da hiç fark edilememesi, mevcut kaynakların ve filo olanaklarının değerlendirilememesi nedeniyle müşteri memnuniyetsizliği ve taşınabilen yolcu sayısında azalma, seyahat sürelerinde gereksiz uzamalar yaşanabilmektedir (Chiraphadhanakul ve Barnhart, 2013). Dolayısı ile yönetsel olarak anlık ve geçmişe dönük bilgilerin operatör seviyesinde ve yönetsel seviyede gerçek zamanlı sefer performans görüntüleme ve uzun dönemli kademeli raporlama özellikleri ile söz konusu iyileştirici anlık ve uzun vadeli kararların alınması mümkün olabilir (Ibarra, Delgado, Giesen ve Muñoz, 2015), (Kurkcu, Miranda, Ozbay ve Silva, 2017). Bu problemlerin özel olarak çözümünde kullanılmak amacıyla otobüs hat performansının izlenmesi, raporlanması, yeni hatların planlaması için öngörülerde bulunulması, karar vericilerin hat planlamasını nitelikli bir biçimde sağlaması ve hem operatörün hem sürücünün durumsal farkındalık kazanabilmeleri için çok

fonksiyonlu bir toplu taşıma veri görselleştirme ve kontrol operasyon destek sistemi kullanılmalıdır (Mai, Backman ve Hranac, 2011), (Palomo, Guo, Silva, ve Freire, 2015).

Operatör seviyesinde çoğu kez sorunların yaşanmasına yol açan “algısal farkındalık” problemini çözmek amacıyla “dinamik büyük veri görselleştirme” tekniklerinin kullanılması uygun görülmektedir. Dinamik anlık veriler gerek operatörlerin HD seviyesindeki kişisel ekranlarına ve 4K çözünürlüğünde olan kontrol odası ekranlarına özel olarak tasarlanan veri görüntüleme arayüzü ile yerleştirilmelidir (Du, Brulé, Enns, Manjunatha ve Segev, 2015), (Stewart, Diab, Bertini, ve El-Geneydy, 2016). Operatörler hem kendi ekranlarından hem de büyük ekrandan sefer durumlarını tüm gün boyunca takip ederken aynı anda planlama değişiklikleri ve diğer birçok kararı verebilmeleri için fırsat yaratılır (Zeng, Fu, Arisona, Erath, Qu, 2014), (Anwar, Odoni ve Toh, 2016).

## Planlama ve Gerçek Zamanlı Uygulama

Uluslararası literatürde Sefer Birleşmesi (Bus Bunching) ve Sefer Aralığı Kararlılığı (Headway Stability) olarak da tanımlanan ve son dönemde üzerinde önemle durulan durak yoğunluğuna ve sefer plan uyumluluğuna yönelik bu önemli sorunun kapsamlı matematiksel analiz ve algoritmik yaklaşımın IOT verileri ile birleştirilerek kullanılmasını gerektirmektedir (Wu, Li, Liu, Jin, Yao, Xie ve Ma 2020).

Bu çalışmada önerilen model, bulut tabanlı çok kullanıcı yapıda geliştirildiği takdirde kolaylıkla farklı kamu ya da özel sektör tarafından işletilen toplu taşıma sistemlerine entegre edilebilir. Veritabanı arayüz hizmetleri ile farklı firmalar tarafından geliştirilmiş ve halen çalışmakta olan birçok sistemin entegrasyonu sağlanabilir. Sürücü geri besleme arayüzü mevcut sürücü operatör arayüzüne eklenecek grafik bileşenlerle sağlanır. Bu geri besleme “mesaj” şeklinde olmayıp sürekli durumsal farkındalık (situational awareness) yaratabilecek biçimde tasarlandığı için sürücü dikkatini dağıtmadan, yorgunluğa ve algısal yüke

neden olmamaktadır.

Belirli tek bir hat ele alındığında belirli yolcu kapasitesinin belirli güzergahtan alınarak hedef noktalara ulaştırılması amaçlanmaktadır. Duraklara gelecek olan yolcular genel olarak “Poisson” sürecinde bir yapı ile rasgele gelecek biçimde ele alınır. Seferler arasındaki süreye “T” olarak değer verildiğinde otobüslerin yoğunluk oranı “D” olasılık cinsinden hesaplanabilir. Bu yoğunluğa bağlı olarak inme binme sürelerindeki varyasyon ilişkilendirilerek T değerinin güzergahta gerçekçi olarak takip edilip edilemeyeceği ve servis kalitesi değerlendirilebilir. İstendiği takdirde farklı T değerleri seçilerek istenilen D değerine ulaşılmaya çalışılır. Bu, simülasyon ile de ayrıca gerçekleştirilebilir ve farklı senaryolar incelenebilir, karar destek sistemine evrilebilir. Literatürdeki çalışmalarda çoğunlukla simülasyonlar yapılmış olup ve gerek otobüsler arası uzaklığın normalizasyonu gerekse durakların ardışıl otobüslerle meşgul edilmemesi üzerinde durulduğu görülmektedir.

Dolayısıyla ile uygulamaya geçmesi hedeflenen bir sistemde büyük veri niteliği taşımakta olan ve sürekli olarak çoğu sistemde saniyede bir kez tüm araçlardan toplanan pozisyon, müşteri sayısı ve yolculuk kalitesi parametrelerinin birleştirilerek Sefer Aralığı Kararlılığı ve Sefer Birleşmesi problemleri üzerinde ağırlıklı olarak yoğunlaşması beklenir.

Planlama, gerçek zamanlı çalışma ve optimizasyon bakımından bakıldığında NP-Complete olan problemin çözümü özel sezgisel yaklaşımlar ya da genetik algoritmalar gibi özel çözümler gerektirmektedir. Özellikle tek bir hattın “Sefer Birleşmesi” problemine odaklanmak yerine çoklu hatların problemine odaklanma yönüne gidilmesi bu sayede durak kalabalıklığının da ortadan kaldırılması mümkün olur.

Modelin sahada gerçekleşmesi amacıyla öncelikle tüm otobüslerden yüksek zamansal ve mekansal çözünürlükte verilerin toplanması ve sistem gerçek zamanlı büyük veri havuzunda toplanması gerekmektedir. Bu veri havuzu iki amaçla kullanılmalıdır. Bunların birincisi geçmiş verilerde gözlenen sıkışmalardır ve bunlar otomatik olarak tesbit edilerek etiketlenir. Sıkışma, bir durakta ya da durak çevresinde durak tipine göre bir, iki ya da üçten fazla otobüsün bulunması olarak tanımlanmaktadır. Öte yandan “Sefer Aralığı Kararlılığının” iyileştirilmesi için aynı anda otobüslerin plana uygunluğu ve aralarındaki mesafenin sabitleştirilmesi hedefi ile başarı puanlaması sözkonusu toplanmış verileri üzerinde ele alınmalıdır.

Veri havuzunun gerçek zamanlı kullanımında ise elde edilmiş makine öğrenmesi modeline bağlı olarak anlık biçimde her otobüsün durak sıkışmasına olan olasılık uzaklığı değeri elde edilir. Bu değer belirli bir değeri aşması durumunda sürücünün ekranında “uyumlu”, “ağır ol”, “durakla”, “gecikme” anlamlarına gelen ve analog renkli gösterim ile sürekli desteklenen farkındalık sinyali oluşturulur. Ayrıca farkındalığın artırılması amacıyla bir sonraki durak hakkında mevcut otobüs yoğunluğu kalabalık otobüs ikonu ile anlık olarak sürücüye bildirilmesi yapılır (Berrebi, Hans, Chiabaut, Laval, Leclercq, Watkins, 2018).

Çözüm amacıyla istatistiksel yöntemlerden nonlineer programlamaya kadar pek çok farklı teknolojinin hedeflere ve eldeki verilere uygun olarak kullanıldığı gözlenmiştir. Problemin simülasyon üzerinde olmaması ve gerçek zamanlı bildirim yapılabilmesinin mümkün olması şartı nedeniyle öğrenilmesi ve sınıflandırması çok yüksek kaynaklar isteyen algoritmalar yerine öğrenme sonunda elde edilen modelin hızlı sınıflandırma sağlayan bir strateji ile kullanımı gerçek zamanlı kullanım için öngörülmektedir. Bu bağlamda doğrusal regresyon, karar ağacı ya da Naive-Bayes türünde daha hızlı çalışan makine öğrenme algoritmaları ile temel yapay sinir ağı yaklaşımları test edilmelidir.

Otobüslerin birbirleri arasındaki uzaklığın aralarında birer yay varmış ve bunlar birbirini F kuvveti ile itiyormuş gibi varsayım yapılarak problemin formüle edilmesi literatürde gözlenmiştir. Bu yaklaşım ile birçok yay ve nesnenin arka arkaya bağlı olduğu ve plan dışı hızlanma ve yavaşlamaların yayda oluşan “kuvvet” ile karşılaştığı analogisi yararlı görülmüştür. Bu sistemin eldeki

verilere bağlı olarak çözümlenmesi ile kuvvet değerinin kabul edilen limit dışına çıkması durumunda uyarı modu değiştirilir.

Modelde yalnızca sürücülerin bilgilendirilmesi değil operatörün bilgilendirilmesi ve anlık olarak izleme yapabilmesi özelliği yer alır. Bu nedenle operatörün algısal özümlemesi için verilerin görselleştirilmesi ve gerekli müdahale olanaklarının sağlanması, analitik çalışmaların yapılabilmesi için bir ortam hazırlanır. Bu nedenle çok sayıda veri ve sadeleştirme gereksinimi, anlık akan veriler birçok karmaşık problemi içinde barındırmaktadır (Yu, Mishra ve Lin, 2006).

Öncelikle araç pozisyon bilgilerinden elde edilen coğrafi koordinatların harita şablonu üzerinde işaretlenmiş durak ve yol koordinatları ile karşılaştırılarak ilgili taşıtın yolun tam olarak hangi noktasında olduğunun ve bu noktanın sefer zaman ekseninde hangi noktaya karşılık geldiğinin tespiti gerekmektedir. İdeal doğrusal olan bir güzergâhta sefer zaman eksenini hareket eksenine birebir üst üste bulunmakta iken, özellikle sokakları dolaşan, U ya da S tipinde güzergâhlar izleyen toplu taşıma araçlarında coğrafi uzaklıkların doğrudan yolculuk sefer zaman eksenine adaptasyonu mümkün değildir. Bu nedenle önceden yapılmış sefer güzergâh örnekleme ile sürekli olarak karşılaştırma yapılması ve en yakın güzergâh noktasına yakınsama ile seferin iki durak arasında tam olarak hangi noktada bulunduğu ve durakta sayılıp sayılmayacağı belirlenir.

Modelde  $n$  ( $i=1..n$ ) adet durak içinde bulunan  $D(i)$  ve  $D(i+1)$  duraklarının arasında  $m$  ( $j=1..m$ ) adet güzergâh örnekleme  $P_j(x,y)$  noktaları önceden kaydedilmiş güzergâh bilgisi olarak sistemde yer alır. Sefer sırasında  $Q_t(x,y)$  verileri en yakın  $P$  noktasına atanmalıdır.

Bu amaçla verilen  $Q_t(x,y)$  ile en tüm  $[P]$  kümesi içinden en yakın olanın bulunması işlemi yapılır. Bu süreçte doğrusal arama gibi yöntemler yerine güzergâhın ardışıl olması dikkate alınır ve başlangıç noktasından itibaren en son eşleştirilen noktadan sonraki noktalar test edilerek ilerlenir. U ya da S tipindeki güzergâhlar ardışıklık özelliği taşımayan noktalar gelen  $Q_t(x,y)$  değerine daha yakın görülebilirse de ardışıklık kistasının aynı anda uygulanması ile doğru noktanın eşleştirilmesi mümkün olur. Bunun ardından  $D(i)$  ve  $D(i+1)$  arasında doğrusallaştırılmış ölçekte sefer zaman ekseninde karşılık gelen nokta doğrusal enterpolasyon ile bulunabilir.

Durakta bekleme süresi (dwell time) yine pozisyon değişiminin durması ve yeniden başlaması arasında geçen süre olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında literatürde “Gevşek Zaman” (slack time) olarak tanımlanan plandan sapma değeri de durağa gelme anının plana karşılaştırması yapılarak elde edilebilir ve sefer plan uyum katsayısı belirlenebilir.

Bu çevrimden elde edilen verilerin makine öğrenmesi yöntemi ile işlenmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca doğru gösterim teknikleri ile operatör seviyesinde algılanabilir bir büyük veri gösterimi yapılması gerçekleştirilir (Torre, Del Ser, Laña, Ildia, Bilbao ve Campos, 2018). Bu yaklaşım ile her seferin plana, rotaya ve diğer seferlere yakınsaması aynı anda operatöre gösterilir. Kullanıcının

genel olarak zaman-mekân değişkenlerini aynı anda anlayıp yorumlaması ile ve bunu aynı anda birçok sefere paralel olarak bakarak yapılabilmesi genel olarak hedeflenir.

Geliştirilen yaklaşım ile uç ölçekli veri analitiği kullanılarak otobüs hatlarından IOT teknolojisi ile toplanan verilerin hizmet kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılması söz konusudur. Bu veriler denetimli makine öğrenmesi yaklaşımı ile model oluşturulmuş ve kullanılarak istenmeyen durumların oluşumunun önlenmesi mümkün olur. Gerek sürücünün sürüş kararlarını almasında gerekse operasyon merkezi operatörünün yönetimsel kararlar alması ve müdahalesinde, gerekse üst düzey revizyon kararlarının alınmasında etkili olacak veri görselleştirme ve uyarı bildirim özellikleri operatöre sağlar.

İmplementasyon seviyesinde öte yandan akıllı şehirler kapsamında heterojen yapıdaki veri sağlayıcılarla birlikte çalışma özelliğine sahip olan ve "akıllı ulaştırma sistemleri" alanındaki çalışmalar ile uyum göstermektedir.

Model ile sonuç olarak büyük veri, toplu ulaşımda otobüs perspektifinde yorumlanmakta ve işlenmekte ve anlamlandırılmaktadır. Tüm toplu taşıma otobüs seferlerinde mevcut olan araç içi cihazlardan toplanan büyük verinin işlenip anlamlandırılması ile operasyonel sürücü ve operatör destek mekanizması elde edilmektedir.

Modelin çalışması için öngörülen büyük veri kavramı sayılarla örneklendirecek olursa; Gaziantep genelinde gerçekleşen tüm seferlerden "sadece bir günde" elde edilen veriler ele alındığından aşağıdaki rakamlar ortaya çıkmaktadır:

- Toplam GPS nokta sayısı: 9,821,743,
- Sefer etkinliği: 847,052,
- Sefer sayısı: 12,212,
- Durak giriş çıkışı: 396,387,
- Toplam yolcu sayısı: 300,544.

Sadece bir gün için toplanan veriler bu büyüklükte olup, modelin gerçek zamanlı çalışması gerektiğinde bu verilerin analiz modelleme ve gerçek zamanlı geri besleme ve raporlamada kullanılması gerekmektedir.

Gelişen teknoloji, her alanda aktif rol oynarken, şehirlerin barındırdığı çevresel problemler, kalabalıklaşan ve karmaşıklaşan yapının düzenlenmesi ihtiyacına yönelik geliştirilen akıllı şehir sistemlerinde de yerini almıştır. Akıllı şehir olgusunu oluşturabilmek için karşılaşılan her sorun ve ona getirilecek çözümler büyük önem taşır. Şehir içi yaşanabilecek problemleri toplu taşıma ile ilişkilendirerek, birlikte incelenecek olursa; artan araç sayısı ile yoğunlaşan trafik toplu ulaşımı da etkilemektedir. Bunun için büyük veri analizlerinden sağlanacak olan, trafik verileriyle elde edilen operasyonel destek sistemi sayesinde durak trafiğinin yoğunluğuna göre sefer modülasyonu mümkün olurken, sefere çıkacak olan araca anlık olarak iletilen bilgi ile seferlerin verimliliği iyileştirilebilecektir.

## Sonuç ve Tartışma

Modern kentlerin mevcut toplu taşıma sorunları sürekli üzerinde odaklanması gereken problemler olarak ortaya çıkar. Son yıllarda otomobil sahipliğinin de artması ile daha önceden otomobili olmayanların sadece kullanmakta oldukları toplu taşıma olanaklarının herkes tarafından kullanılması politikası güdülmektedir. Bunun için hizmet kalitesi ve hızının daha önceden olmayan ölçülerde iyileştirilmesi beklenmektedir.

Bu çalışmada üzerinde durulan model ile toplu taşımda kullanılan otobüslerin duraklarda birikmesinin engellenmesine ve sefer aralıklarının regülasyonuna, bu sayede durakta bekleyen yolcu sayısının azaltılmasına ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesine yönelik bir gerçek zamanlı sürücü etkileşim ve operasyon yönetim sistemi oluşturulmasına yönelik prensipler ortaya konmuştur. Bu sayede, ilk bakışta iyi olduğu sanılan ancak durakta toplam bekleyen yolcu sayısını artıran ve otobüsler arası yoğunluk dengesini olumsuz etkileyen sürücülerin olması gerekenden evvel duruşa gelmeleri problemi ortadan kaldırılabilmektedir. Özellikle ortak kullanılan duraklarda birçok ayrı hat otobüsünün ardı ardına yanaşarak hatta yolu tıkamak sureti ile durak

dışı yolcu indirmek ve bindirmek zorunda kalması problemi bu yaklaşım sayesinde çözülebilir.

Bu çalışma ile otobüslerin arasındaki mesafenin korunarak durak kalabalıklığının engellenmesine ek olarak ayrı kazanımlar da hedeflenmektedir. Sahadan toplanan akıllı ulaşım verilerinin ciddi olarak ele alınarak gerçek zamanlı bir biçimde operasyon kararlarını verebilmesi için bir gösterim altyapısı oluşturulması önem taşımaktadır. Birçok noktada hizmet verilen sektörlerin önemli bölümünde büyük veri analizinin yapılamadığı, görselleştirme ve operasyonel seviyede yararlanma oluşmadığı gözlenmektedir.

Çeşitli performans ölçütlerini doğru ve etkili bir şekilde analiz etme yeteneği, bir ulaşım kuruluşunun hizmet standartlarına ne kadar iyi olabildiğini belirlemesi için oldukça önemlidir. Kent içi ulaşım kurumları, ayrıntılı ve doğru bilgiler içeren ulaşım operasyonlarının performans verilerini oluşturulması ve görüntüleme yöntemlerini anlamaya ve kullanmaya büyük ilgi duymaktadır. Bu tür veriler, yalnızca bir rota boyunca olası sorunlu alanların belirlenmesinde değerli olmayıp hizmet güvenilirliğini artırmak

in için de etkili stratejiler geliştirilmesinde kullanılabilir. Bu nedenle, iyi geliştirilmiş görselleştirme yöntemlerinin büyük miktarda veriyi ve karmaşık performans ölçümlerini kapsamlı bir yapıda aktararak göstermesi paha biçilmez yararlar sağlayabilmektedir. Akıllı ulaşım sistemlerinin bir parçası olarak gözetim, izleme ve yönetim sistemi ile toplu taşıma kuruluşlarının işletim verimliliği ve hizmet güvenilirliğinin test edilmesi ve analizi için gelişmiş operasyonel veriler toplanması kritik öneme sahiptir.

Akıllı kent perspektifinde ulaşım sağlayıcılar, otobüs hatlarındaki hareketlerin ve mevcut planların detaylı analizini yapabilecek ve operasyonun iyileştirilmesinde ve sorunların giderilmesinde kullanılacak bir görselleştirme ve karar destek sistemine sahip olmalıdır. Seferlerin plana uygunluğu, planın kendi içinde tutarlılığı, hattın kalabalıklığı, kaynakların değerlendirilmesinde adaletin sağlanması, özel gün ve etkinliklerde, felaket durumlarında dayanıklı toplu taşıma hizmeti verilebilmesi bu sayede elde edilecek kazanımlar arasındadır (Zhang, Wen, Lu, Li ve Lei 2020).

Halihazırda model geliştirme aşamasında olup yazılımsal geliştirmesi devam eden bu çalışmanın hedef faydalanıcı kitlesi kullanıcı olarak akıllı toplu taşıma sistem yöneticileri ve sistem operatörleridir. Sistem operatörleri, anlık olarak tüm toplu taşıma seferlerinin sağlıklı bir biçimde hizmet kalitesinden ödün verilmeksizin gerçekleştirilebilmesi ile görevlidirler. Gerek sürücü gerekse operasyonda çalışan personelin halihazırda yapmış oldukları işin rutin yapısı ve yüksek sayıda veriyi aynı anda değerlendirip yorumlama gereksinimleri nedeniyle yeterli performansta çalışamadıkları ve hizmet kalitesindeki aksamaların olduğu belirtilmektedir. Sürücülerin diğer otobüsler hakkında ve yaklaşmakta oldukları durak hakkında bilgileri sadece görme ile sınırlı olup tarife uyumluluğu da sadece önceden tanımlanmış saatlerin uygulaması ile belirlenmiştir.

Yeni önerilen yaklaşım ile sürücü personelin izleme ve geri besleme ile yönlendirilmesi, gerektiğinde hafif yavaşlaması ve beklemesinin temin edilerek sefer aralarındaki sürelerin stabilitesinin ve durak yoğunluğunun azaltılmasının sağlanması hedeflenmektedir. Bu süreç operasyonda da izlenerek operasyonel aşamalarında problemlerin tesbiti ve zamanında doğru kararların alınması sağlanabilir.

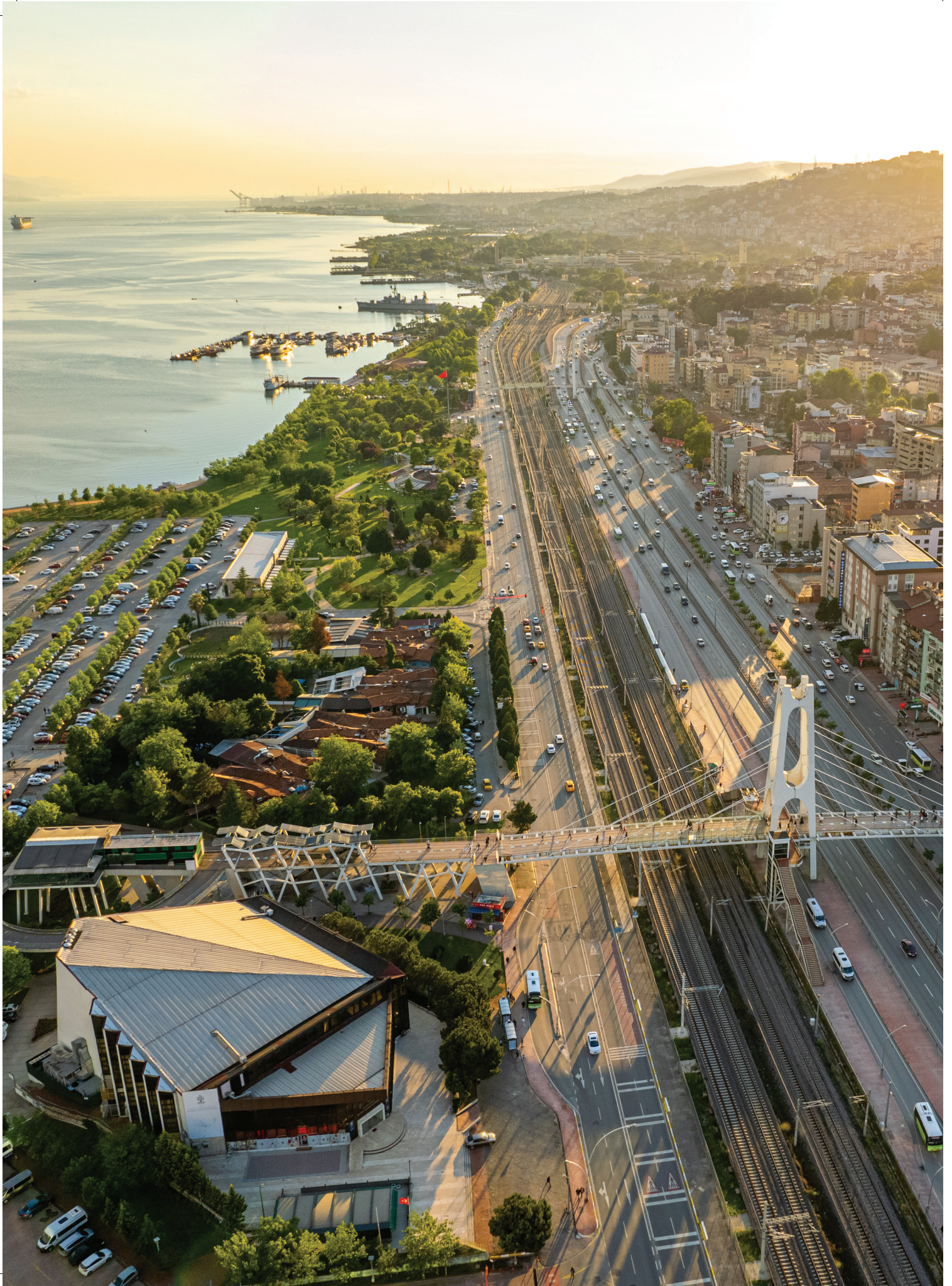
Organizasyon yapısı dikkate alındığında toplu taşıma idareleri, belediyeler, operatör alt yükleniciler bu modelden fayda sağlayacak yazılımları satın alarak ya da geliştirerek işletecek birinci seviye kurumlardır. Ancak bunların vermiş oldukları toplu ulaşım hizmeti dikkate alındığında müşteri olan yolcular doğrudan etkilenecek ve asıl memnuniyeti sağlanacak olanlar bireylerdir. Müşteri memnuniyetinin artması ile toplu taşıma kullanım oranı artarken elde edilecek zaman tasarrufu ve iyileşen yaşam kalitesinin ülkenin diğer alanlarında pozitif etki yapması beklenir.

## Kaynakça

- Schmaranzer, D., Braune, R., & Doerner, K. F. (2021). Multi-objective simulation optimization for complex urban mass rapid transit systems. *Annals of Operations Research*, 305(1), 449-486.
- Gkiotsalitis, K., & Cats, O. (2021). Public transport planning adaptation under the COVID-19 pandemic crisis: literature review of research needs and directions. *Transport Reviews*, 41(3), 374-392.
- Gkiotsalitis, K., & Maslekar, N. (2018). Multiconstrained timetable optimization and performance evaluation in the presence of travel time noise. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 144(9), 04018058.
- Furth, P. G., & Wilson, N. H. (1981). Setting frequencies on bus routes: Theory and practice. *Transportation Research Record*, 818(1981), 1-7.
- Andres, M., & Nair, R. (2017). A predictive-control framework to address bus bunching. *Transportation Research Part B: Methodological*, 104, 123-148.
- He, S. X. (2015). An anti-bunching strategy to improve bus schedule and headway reliability by making use of the available accurate information. *Computers & Industrial Engineering*, 85, 17-32.
- Moreira-Matias, L., Gama, J., Mendes-Moreira, J., & Freire de Sousa, J. (2014, October). An incremental probabilistic model to predict bus bunching in real-time. In *International Symposium on Intelligent Data Analysis* (pp. 227-238). Springer, Cham.
- Eldeeb, G., Idris, A. O., & Parrott, L. (2018). Agent-based Approach to Modelling Bus Bunching and Dispersion under the Influence of Demand Variability 2. *Transit*, 15(16), 17.
- An, Q., Fu, X., Huang, D., Cheng, Q., & Liu, Z. (2020). Analysis of adding-runs strategy for peak-hour regular bus services. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 143, 102100.
- Gkiotsalitis, K., & Alesiani, F. (2019). Robust timetable optimization for bus lines subject to resource and regulatory constraints. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 128, 30-51.
- Guihaire, V., & Hao, J. K. (2008). Transit network design and scheduling: A global review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(10), 1251-1273.
- Shang, H. Y., Huang, H. J., & Wu, W. X. (2019). Bus timetabling considering passenger satisfaction: An empirical study in Beijing. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 1155-1166.

- Ibarra-Rojas, O.J., Delgado, F., Giesen, R., & Muñoz, J. C. (2015). Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transportation Research Part B: Methodological*, 77, 38-75.
- Xuan, Y., Argote, J., & Daganzo, C. F. (2011). Dynamic bus holding strategies for schedule reliability: Optimal linear control and performance analysis. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(10), 1831-1845.
- Berrebi, S. J., Hans, E., Chiabaut, N., Laval, J. A., Leclercq, L., & Watkins, K. E. (2018). Comparing bus holding methods with and without real-time predictions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 87, 197-211.
- Wu, W., Li, P., Liu, R., Jin, W., Yao, B., Xie, Y., & Ma, C. (2020). Predicting peak load of bus routes with supply optimization and scaled Shepard interpolation: A newsvendor model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102041.
- Mai, E., Backman, M., & Hranac, R. (2011). Visualizing bus schedule adherence and passenger load through marey graphs. In 18th ITS World Congress TransCore ITS America ERTICO-ITS Europe ITS Asia-Pacific.
- Palomo, C., Guo, Z., Silva, C. T., & Freire, J. (2015). Visually exploring transportation schedules. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 22(1), 170-179.
- Du, F., Brulé, J., Enns, P., Manjunatha, V., & Segev, Y. (2015). MetroViz: Visual analysis of public transportation data. arXiv preprint arXiv:1507.05215.
- Hranac, R., Kwon, J., Bachmann, M., & Petty, K. (2011). Using marey graphs to visualize transit loading and schedule adherence (No. 11-0350).
- Stewart, C., Diab, E., Bertini, R., & El-Geneidy, A. (2016). Perspectives on transit: Potential benefits of visualizing transit data. *Transportation Research Record*, 2544(1), 90-101.
- Kimpel, T. J. (2007). Data visualization as a tool for improved decision making within transit agencies (No. TNW2006-14). *Transportation Northwest (Organization)*.
- Zhang, L., Wen, H., Lu, J., Li, S., & Lei, D. (2020). Vulnerability assessment and visualization of large-scale bus transit network under route service disruption. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88, 102570.
- Yu, D., Mishra, S., & Lin, J. (2006). Visualization of bus schedule adherence using GIS. In *Applications of Advanced Technology in Transportation* (pp. 159-164).
- Ceder, A. (2016). *Public transit planning and operation: Modeling, practice and behavior*. CRC press.
- Chiraphadhanakul, V., & Barnhart, C. (2013). Incremental bus service design: combining limited-stop and local bus services. *Public Transport*, 5(1), 53-78.
- Zeng, W., Fu, C. W., Arisona, S. M., Erath, A., & Qu, H. (2014). Visualizing mobility of public transportation system. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 20(12), 1833-1842.
- Sobral, T., Galvão, T., & Borges, J. (2019). Visualization of urban mobility data from intelligent transportation systems. *Sensors*, 19(2), 332.
- Anwar, A., Odoni, A., & Toh, N. (2016). Busviz: Big data for bus fleets. *Transportation Research Record*, 2544(1), 102-109.
- Pi, X., Egge, M., Whitmore, J., Qian, Z. S., & Silbermann, A. (2018). Understanding transit system performance using avl-apc data: An analytics platform with case studies for the pittsburgh region. *Journal of Public Transportation*, 21(2), 19-40.
- Torre Bastida, A. I., Del Ser, J., Laña, I., Ildardia, M., Bilbao, M. N., & Campos Cordobés, S. (2018). Big Data for transportation and mobility: recent advances, trends and challenges. *IET Intelligent Transport Systems*, 12(8), 742-755.
- Kurkcu, A., Miranda, F., Ozbay, K., & Silva, C. T. (2017, June). Data visualization tool for monitoring transit operation and performance. In *2017 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)* (pp. 598-603). IEEE.
- Lock, O., Bednarz, T., & Pettit, C. (2021). The visual analytics of big, open public transport data—a framework and pipeline for monitoring system performance in Greater Sydney. *Big Earth Data*, 5(1), 134-159.
- Iliopoulou, C. A., Milioti, C. P., Vlahogianni, E. I., & Kepaptsoglou, K. L. (2020). Identifying spatio-temporal patterns of bus bunching in urban networks. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 24(4), 365-382.





# Akıllı Şehirlerde Ulaşım Uygulamaları Transportation Applications in Smart Cities

**Dr. Öğr. Üyesi Ayhan KÜÇÜKMANİSA**

Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

e-posta: ayhan.kucukmanisa@kocaeli.edu.tr

ORCID: 0000-0002-1886-1250

**Doç. Dr. Ali Can KARACA**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

e-posta: ackaraca@yildiz.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6835-7634

## Öz

Giderek artan insan nüfusu ile dünya nüfusunun yarısından fazlasının şehirlerde yaşadığı özel bir zamanda bulunmaktayız. Şehirlerdeki nüfus artışının ulaşım, enerji, güvenlik ve yiyecek ihtiyacı gibi konularda problemler oluşturmaktadır. Bu problemlerin modern teknolojilerle çözülerek kent sakinlerinin refah düzeyinin artırılması akıllı şehirler uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. Bu makalede, gelişen son teknolojinin kullanılmasıyla akıllı şehirlerdeki farklı ulaşım problemlerinin çözümleri üzerine bir derleme çalışması oluşturulmuştur. Makale içerisinde akıllı otopark bulma, araç tespiti ve takibi, adaptif trafik sinyalizasyonu, trafik parametrelerinin otomatik bulunması, araç davranışı ve yönelimi üzerinden çarpışma riski tahmini, kaza anı tespiti, kaza risk seviyesinin belirlenmesi ve ilgili bildirim başlıklarındaki çalışmalar bulunmaktadır. Genel olarak bu çalışmalar sabit veya uzaktan algılama platformlarından gelişmiş sensör teknolojileri ile elde edilen verilerini kullanarak amaca uygun şekilde belirlenen farklı yapay zeka yöntemlerini incelemektedir. Pek çoğu araştırma ve geliştirme aşamasında olan bu çalışma yaklaşımlar ve daha fazlasının gelecekte Nesnelerin İnterneti, Uzaktan Algılama, Bulut Bilişim, Uçta Hesaplama ve Akıllı Telefonlar konseptinin güçlenmesi ve birleşmesiyle pek çok akıllı şehir içerisinde uygulanabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Ulaşım Sistemleri, Akıllı Şehirler, Trafik Analizi ve Kontrolü, Yapay Zeka, Derin Öğrenme.

## Abstract

*We are in a special time when more than half of the world's population lives in cities with the increasing human population. Population growth in cities creates some problems such as transportation, energy, security and food consumption. Increasing the welfare level of city residents by solving these problems with modern technologies forms the basis of smart city applications. In this article, a review study was prepared on the solutions of different transportation problems in smart cities by using the latest technology. The article includes smart parking, vehicle detection and tracking, adaptive traffic signalization, automatic detection of traffic parameters, collision risk estimation based on vehicle behavior and trajectory, accident detection, accident risk level and related titles. In general, these studies examine different artificial intelligence methods determined in accordance with the purpose by using the data obtained from fixed or remote sensing platforms with advanced sensor technologies. These approaches, many of which are in the research and development stage, and more will be applied in many smart cities in the future with the strengthening and fusion of the concept of Internet of Things, Remote Sensing, Cloud Computing, Computing at the Edge and Smartphones.*

**Keywords:** Intelligent Transportation System, Smart Cities, Traffic Analysis and Control, Artificial Intelligence, Deep Learning.

## Giriş

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde insan popülasyonu gittikçe artmaktadır. Artan nüfusla birlikte köylerden şehirlere doğru bir göç söz konusudur. Birleşmiş Milletlerin yaptığı bir araştırmaya göre 2000’li yıllarda toplan nüfusun %47’si şehirlerde yaşarken, bu oranın 2030 yılında %60’ı bulacağı öngörülmektedir (United Nations, 2018). Şehirlerde artan nüfus, kaynakların kullanımı, yüksek enerji ihtiyacı, hava kirliliği, güvenlik, yiyecek ihtiyacı ve ulaşım gibi çeşitli problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, şehirlerin bu problemlerle başa çıkabilecek çözümleri geliştirmeleri gerekmektedir. Şehirler bu problemler ile başa çıkabilmek için genellikle bilişim teknolojilerinden faydalanmaktadır.

Günümüzde Yapay Zeka (Artificial Intelligence-AI), İnternet, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT), Bulut Bilişim (Cloud Computing), Uçta Hesaplama (Edge Computing) ve Akıllı Telefonlar (Smart Phones) gibi konularda önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Akıllı şehir olarak adlandırılan şehirler bu teknolojik gelişmelerden faydalanarak sahip olduğu problemlere çözümler sunan, hayatı daha kolay ve daha verimli hale getirmek için “akıllı” teknoloji ile donatılmış bir şehirlerdir (Burlacu, Boboc ve Butila, 2022, s.1). Akıllı teknolojilerin geliştirilebilmesi için öncelikle veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Sensörleştirme (sensorization), verilerin toplanmasında temel bir rol oynamaktadır. Kameralar, sıcaklık sensörleri, nem sensörleri, rüzgar sensörleri gibi çeşitli verileri almaya olanak sağlayan sensörler bulunmaktadır. Nesnelerin İnterneti çalışmaları ile birlikte istenilen noktalara kurulan sensörlerden bu verileri almak mümkündür. Bu veriler sabit bir platformdan toplanabildiği gibi insansız hava aracı ve yer gözlem uyduları vasıtasıyla da elde edilebilmektedir. Alınan veriler internet aracılığıyla bir sunucu işlem birimine aktarılarak analizi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, son yıllarda bu yaklaşıma alternatif olarak veriler alındığı noktada uçta hesaplama yaklaşımları ile analiz edilebilmektedir. Analiz işlemleri için probleme özgü çözümler geliştirilmektedir. Problem herhangi bir tahminleme yada çıkarım içermiyorsa kural karar temelli yaklaşımlar ile çözüm sağlanabilmektedir. Ancak, video verisi üzerinde zorlu hava koşullarında araçların konumları ve sınıflarının tespiti yada sonraki yılın su tüketim tahmini gibi zorlu problemler için yapay zeka temelli yaklaşımlar ile çözüm aranmaktadır.

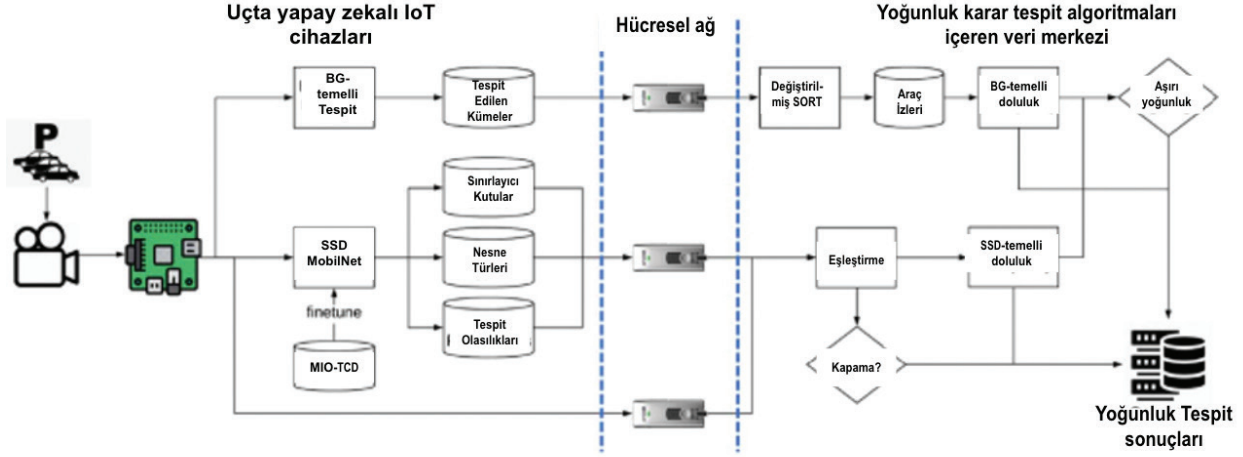
Ulaşım bir şehirde yaşayan tüm insanların yaşamını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, akıllı şehirlerin en önemli ve en çok çözüme ihtiyaç duyduğu konulardan birisidir. Trafik ışıkları ve kavşaklarda oluşan trafik ve uzun süreli bekleme süreleri, olası ulaşım gecikmelerinin insan hayatı üzerinde psikolojik olarak olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra araçların daha uzun süre çalışmaları çevreye daha fazla zararlı gaz salınımına da yol açmaktadır. Şehirde bulunan herhangi noktaya araçla giden insanların yaşadığı park bulamama sorunu da benzer etkilere sahiptir. Ayrıca, engelli bireylerin şehir içinde daha fazla hareket yeteneği kazanması önemlidir. Şehir içinde istedikleri bir noktaya bir yardıma veya refakatçiye ihtiyaç duymadan toplu taşıma araçlarını kullanarak ulaşabilmeleri gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında akıllı şehirlerde en önemli problemlerinden biri olan ulaşımaya yönelik çalışmalar detaylı irdelenmiştir.

## Akıllı Şehirlerde Ulaşım Uygulamaları

Bu bölümde, akıllı şehirlerde ulaşım problemlerinin çözümüne dair üretilen literatürdeki çalışmalar paylaşılmaktadır. Bu çalışmaların her ne kadar farklı problemlere odaklansalar da çoğunlukla sabit veya uzaktan algılama platformlarından toplanmış sensör verilerini yapay zeka destekli algoritmalarda kıymetlendirerek çözüm elde etmektedir.

Bu çalışmaların ilkinde, (Ke ve diğerleri, 2021, s.4962) tarafından kamera izleme temelli bir akıllı otopark bulma sistemi önerilmektedir. Önerilen çalışma sunucu ve uçta çalışan kısımları olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Şekil 1’de sistemin akış diyagramı verilmektedir.



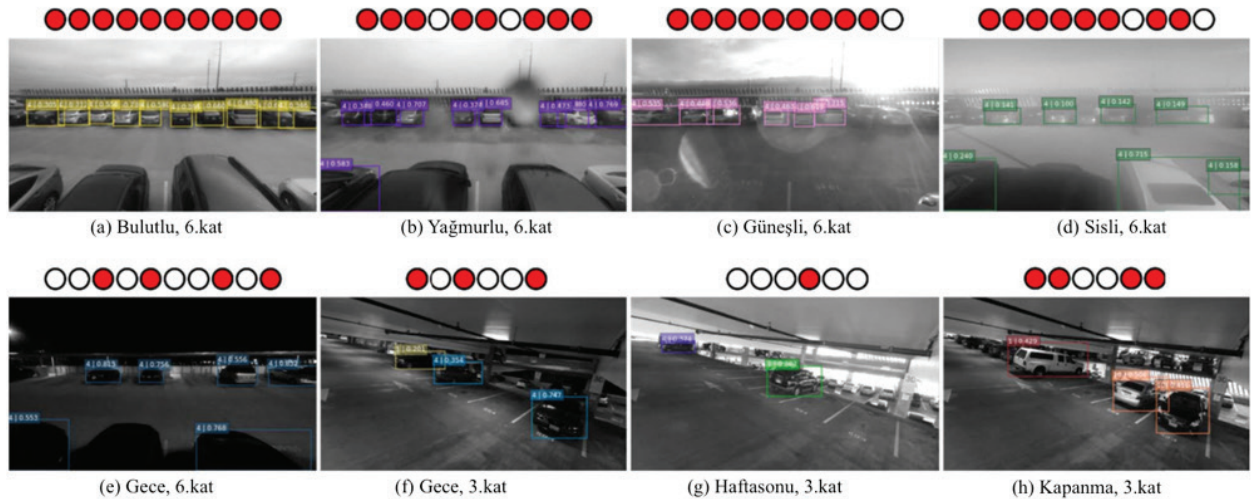
Şekil 1. (Ke ve diğerleri, 2021, s.4962) tarafından hazırlanan çalışmaya ait akış diyagramı.

Buna göre, ilk olarak park alanlarını görece şekilde yerleştirilen kameralardan alınan görüntüler, kameralara bağlı olarak bulunan Raspberry Pi 3B üzerinde analiz edilmektedir. Raspberry Pi 3B üzerinde çalışan derin öğrenme temelli SSD nesne tespit yöntemi ile araçlar tespit edilmektedir. Belirli sürelerde merkezde konumlanan bir sunucuya kameradan alınan görüntüler aktarılmaktadır. Sunucuda SORT algoritmasıyla araç konumları takip edilmektedir. Böylece tespit işleminin çoğu uçta gerçekleştirilecek daha veri transferi sağlanmış, hemde SORT gibi hesapsal yük gerektiren takip algoritması sunucu bilgisayarda çalıştırılmıştır. Önerilen sistem farklı hava ve aydınlatma koşullarında % 95,6 doğruluğa sahiptir. Sistemden alınan örnek bir görüntü Şekil 2'de gösterilmektedir.

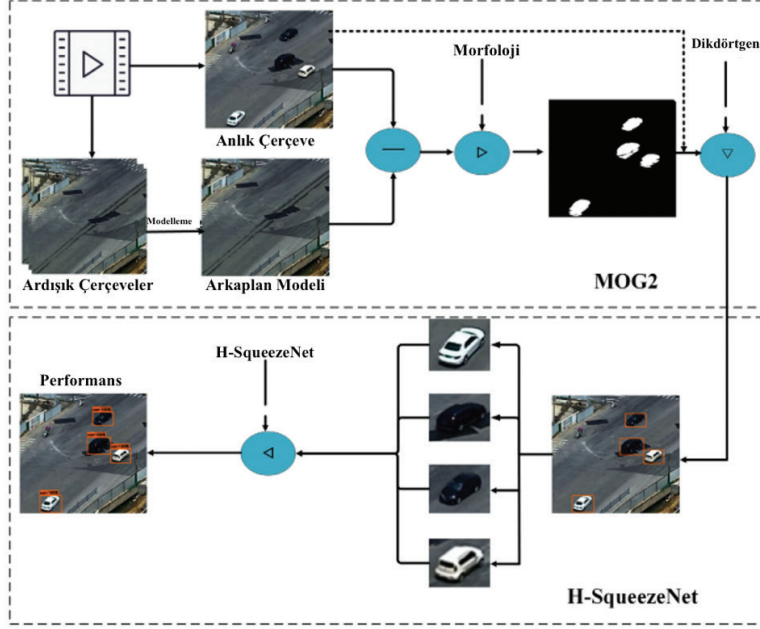
Akıllı araç tespiti, akıllı trafik gözetim sistemlerinin kritik araştırma konusu olarak kabul edilmektedir. (Wang ve diğerleri, 2020,

s.139299) gerçek zamanlı bir araç tespit ve sınıflandırma yöntemi önermiştir. Akış diyagramı Şekil 3'te verilen yöntem, arka plan çıkarma modeli MOG2'yi (Gauss Karışımı) değiştirilmiş bir SqueezeNet modeliyle (H-SqueezeNet) birleştirmektedir. MOG2 modeli, video karelerinden ölçüğe duyarız İlgili Alanı (RoI'ler) oluşturmak için kullanılmaktadır. H-SqueezeNet daha sonra araç kategorisini doğru bir şekilde belirlemek için önerilir.

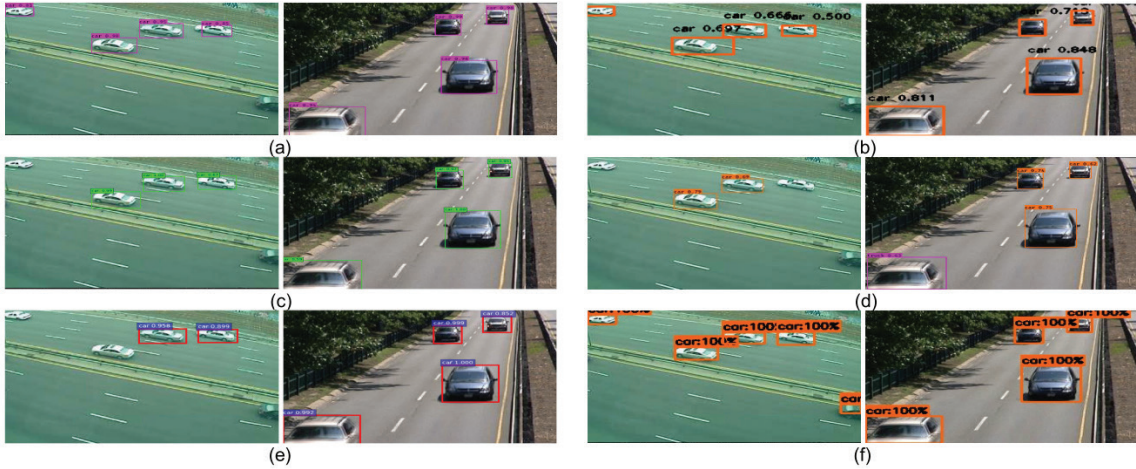
Yöntemin başarımı, Çin'in Suzhou kentindeki bir trafik kavşağından CDnet2014 veri kümesi, UA-DETRAC veri kümesi test edilmiştir. Deney sonuçları, yöntemin trafik gözetim sistemlerinde %98,93 gibi yüksek doğruluğu sağlayabildiğini ve ortalama 39,1 FPS algılama hızına ulaşabileceğini göstermektedir. Literatürde bulunan farklı yöntemlerin ve önerilen yöntemlerin görsel olarak tespit sonuçlarının karşılaştırması Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 2. (Ke vd., 2021, s.4962) tarafından hazırlanan çalışmaya ait örnek bir sonuç görseli.



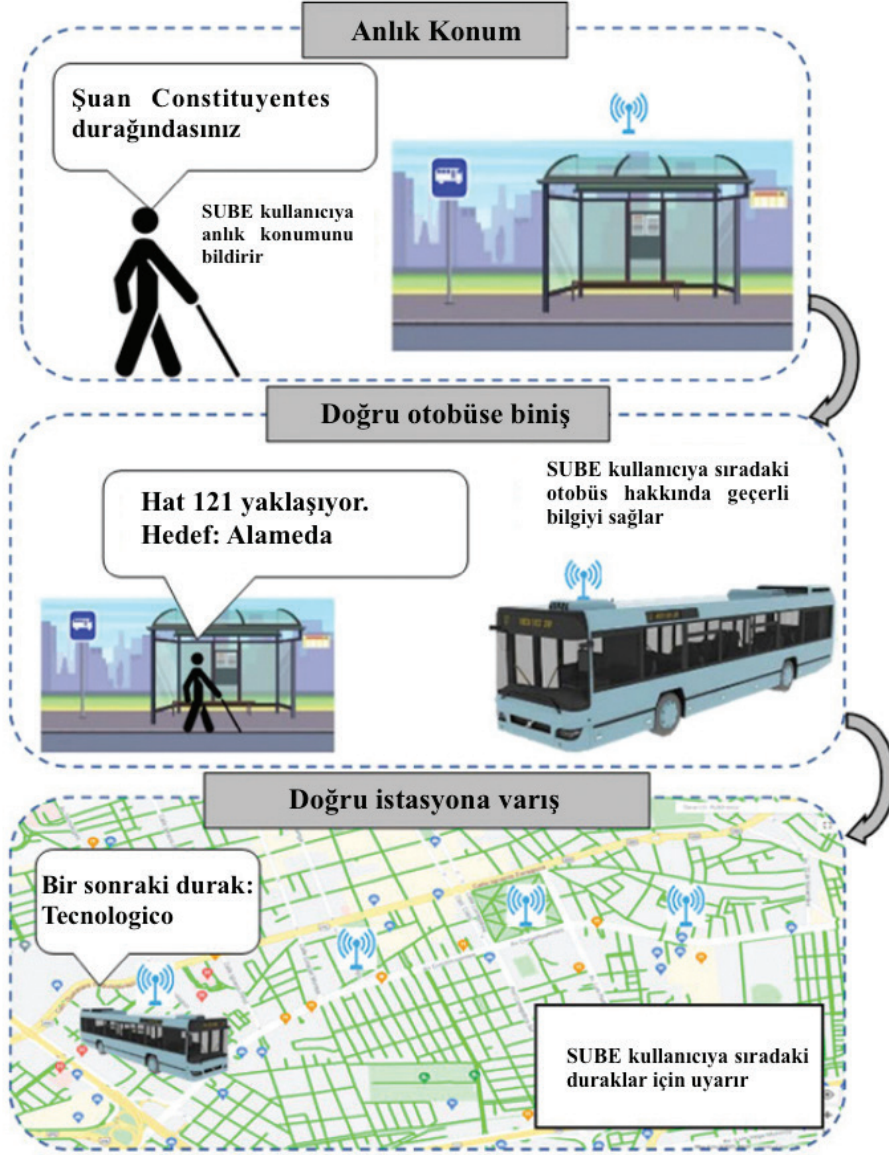
Şekil 3. (Wang ve diğerleri, 2020, s. 139299) tarafından önerilen yönteme ait akış diyagramı.



Şekil 4. (Wang ve diğerleri, 2020, s. 139299) tarafından önerilen yöntemin CDnet2014 veri setinde performans karşılaştırması (a) YoloV3'ün performansı. (b) RetinaNet'in Performansı. (c) SSD'nin performansı. (d) YoloV2'nin performansı. (e) Faster R-CNN'nin Performansı. (f) (Wang ve diğerleri, 2020, s. 139299).

Farklı bir çalışmada ise, görme problem yaşayan engelli bireylerin toplu taşımayı kullanmalarına yönelik bir yöntem önermektedir (Martinez-Cruz ve diğerleri, 2021, s. 130767). Önerilen yöntem konum ve iletişim için Bluetooth Düşük Enerji (BLE) teknolojisinden faydalanmaktadır. Geliştirilen bir mobil uygulama ile kullanıcı-akıllı telefon etkileşimi sağlanmaktadır. Öncelikle BLE beaconları otobüslere ve duraklarına kurulmaktadır. Mobil uygulama onları gerçek zamanlı olarak takip eder ve sözlü talimatlar kullanarak ulaşım hattı, varış

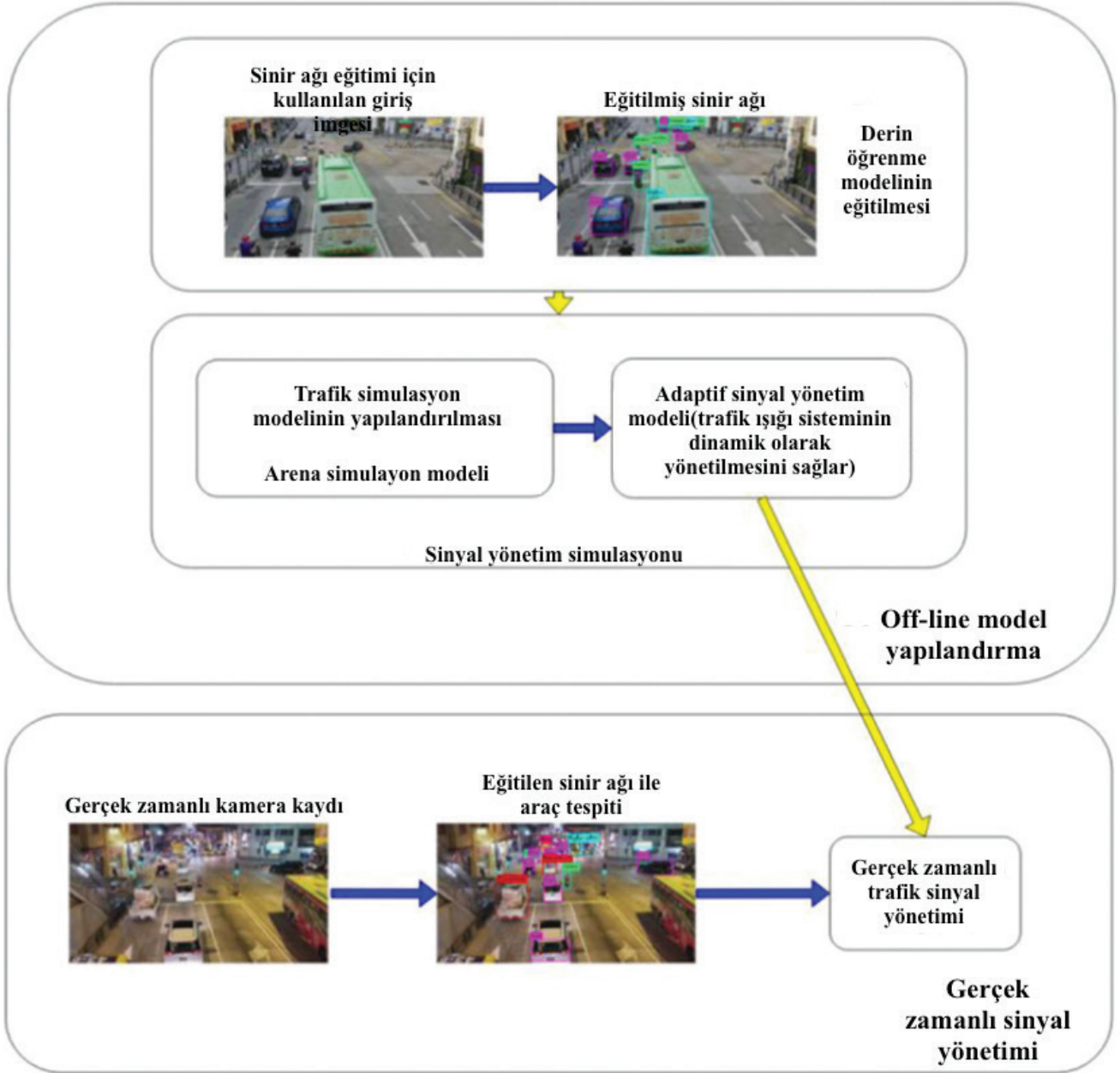
noktası, bir sonraki durak adı ve geçerli konum gibi bilgileri kullanıcıya sağlamaktadır. Bu bilgi, kullanıcının istenen otobüsü önceden doğru bir şekilde seçmesine ve doğru durakta inmesine olanak tanımaktadır. Deneysel sonuçlar, önerilen sistemin görme engelli bireylerin bir noktadan diğerine bağımsız olarak hareket etmesi durumunda % 97.6 etkili olduğunu göstermektedir. Önerilen sistemin görsel açıklaması Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 5. (Martinez-Cruz vd., 2021, s. 130767) tarafından önerilen yöntemin görsel açıklaması.

Adaptif trafik sinyalizasyonu da alternatif bir çalışma konusu olup bu konuda bir çalışma önerilmiştir (Mok vd., 2022). Bu çalışmada, ilk adım olarak bilgisayarla görme tabanlı bir derin öğrenme ağı, farklı araç türlerini algılamak için çevrimdışı (offline) olarak eğitilmektedir. Bu işlem için çalışma yapılması planlanan ilgili şehir veya ülkeden büyük miktarda eğitim verisi toplanması yeterlidir. Toplanan veriler ile derin ağ bir kez eğitilmektedir. Ardından, trafik akışının tahmin edilmesi planlanan her kavşak için az miktarda veri toplanmaktadır. Toplanan veriler yerel trafik akışını tahmin etmek için bir bilgisayar simülasyon modeli geliştirmek için kullanılmaktadır. Son

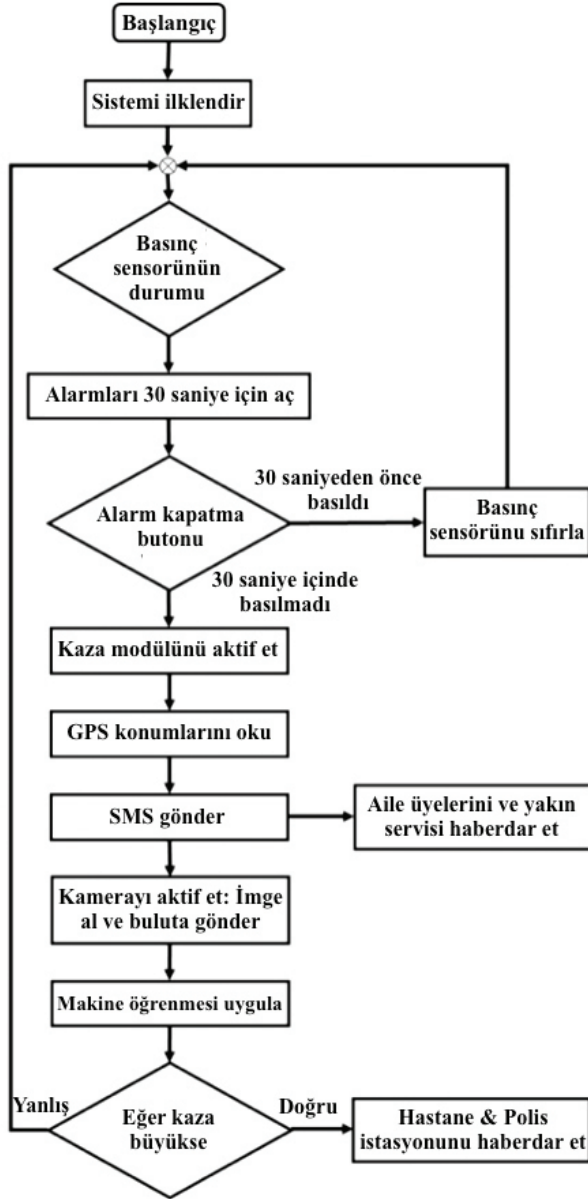
olarak, derin öğrenmeye dayalı trafik izleme sistemini optimize edilmiş simülasyon sonuçlarıyla birleştirilerek, uyarlanabilir bir trafik ışığı yönetimi algoritması geliştirilmiştir. Önerilen uyarlanabilir gerçek zamanlı trafik ışığı yönetim sisteminin temel prensibi, en trafik ışıklarında bekleyen araç sayısı ve zaman kontrol mantığı için eşikler oluşturmaktır. Derin öğrenme ağı kullanılarak trafik ışıklarında bekleyen araç sayısı tespit edildikten sonra araç sayısı eşikten fazlaysa, yönetim sistemi trafik sıkışıklığı sorununu dinamik olarak çözmek için yeşil ışıkların süresini ayarlamaktadır. Önerilen sistemin akış diyagramı Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. (Mok vd., 2022) tarafından önerilen yöntemin akış diyagramı.

Literatürde yapay zeka ve nesnelerin interneti temelli bir kaza tespit ve uyarı sistemi öneren çalışmalar da bulunmaktadır (Pathik vd., 2022, s.701). Önerilen çalışma kapsamında Raspberry Pi temelli bir nesnelerin interneti kiti geliştirilmiştir. Bir kuvvet sensöründen alınan veriler sürekli yorumlanarak, belirlenen eşik değerinin geçilmesi sonrası alarm durumu oluşmaktadır. Alarm durumu ile birlikte araç sahibinin yakınlarına bilgi geçilmektedir. Alarm durumunda

ayrıca ön camın görme açısına sahip bir kamera tetiklenerek sahnenin görüntüsü alınmaktadır. Bu görüntü bulut sunucuya gönderilerek analiz edilmektedir. Analiz sonucu değerlendirilmede kazanın büyüklüğü tespit edilerek, gerekli eşiğin aşılması durumu hastane ve polis birimlerine bilgi verilmektedir. Sunucuda analiz işlemi derin öğrenme temelli bir algoritma ile gerçekleştirilmektedir. Sistemin akış diyagramı Şekil 7de verilmektedir.



Şekil 7. (Pathik vd., 2022, s.701) tarafından önerilen yöntemin akış diyagramı.

Yukarıdaki uygulamalardan farklı olarak akıllı ulaşım için insansız hava araçları ve yer gözlem uyduları gibi çeşitli uzaktan algılama platformları üzerinden elde edilen bilgileri kullanan çalışmalar da bulunmaktadır. Maliyet avantajı, hızlı temin edilebilir olması, kullanılabilen insan sayısının giderek artması, kolay kullanımı ve insan hayatına riskin düşük olması gibi sebeplerden dolayı insansız hava araçlarının akıllı şehirler için uygulamaları literatürde oldukça popüler hale gelmiştir (Butila ve Boboc, 2022, s.1).

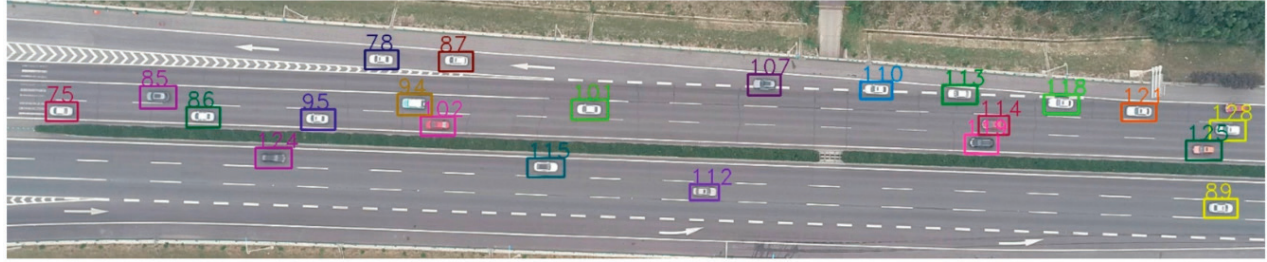
Yer gözlem uydularıyla kıyaslandığında daha yüksek mekansal çözünürlük sağlayabilmesi insansız hava araçlarının hassas değerlendirme gerektiren tüm uygulamalar için ön plana çıkarmaktadır. İnsansız hava araçlarının akıllı şehirlerdeki genel uygulama alanlarından birisi şehir trafik analizi ve gözlemidir. Trafik gözleminde gerçek zamanlı araç tespiti ve araç takibinin yanı sıra akıllı gözlem sistemleri çalışmaları yapılmaktadır. Trafik analizi uygulamalarında ise aşağıdaki gibi özel amaçlar bulunabilmektedir (Butila ve Boboc, 2022, s.1).

- Trafik parametrelerinin eldesi,
- Trafik yoğunluğunun tahmini,
- Araç davranışı tanıma,
- Araçlarda çarpışma riski değerlendirmesi.

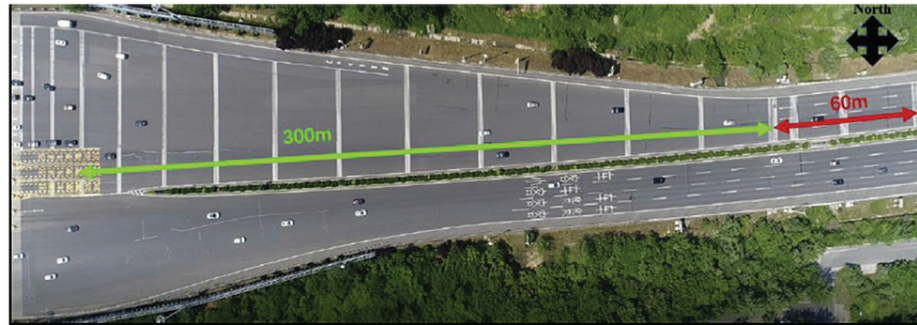
Yukarıda paylaşılan amaçlardan trafik parametrelerinin eldesi için üretilen çözümlerden biri insansız hava aracı üzerine yerleştirilen 3840×2160 çözünürlüğündeki video kayıtlarından araç tespiti, araç izleme ve hız tahmini yapan bir sistem önerilmektedir (Shan, Lei, Yin, Luo ve Gong, 2021, s.11). Öncelikle videodaki her bir çerçeve YOLO v3 modeline uygulanmakta ve araç tespiti yapılmaktadır. Örnek tespit sonuçları Şekil 8'de görülebilir. Sonrasında araçların ardışık çerçevelerdeki konumları DeepSORT algoritmasıyla bulunarak birden fazla aracın takibi yapılmaktadır. Ardından bu bilgiler kullanarak araç hızları ve araç yörüngesi gibi trafik parametreleri elde edilmektedir. Deneysel kısımda 150-500 metre arasındaki yüksekliklerde 40-90 km/h hızlarında hareket eden farklı araçların tespit ve takip başarısı sırasıyla %90,88 ve %98,9 olarak paylaşılmaktadır. Trafik parametrelerinden araç hızlarının da 3 km/h hız mutlak hata ile tahmin ettiği verilmiştir. Elde edilen metrik sonuçları ve diğer benzer literatürdeki çalışmalar ışığında gelecekte de gerek trafik parametrelerinin belirlenmesinde gerekse araç tespit ve takibinde çok daha başarılı sonuçların elde edilebileceğini düşünmekteyiz.

Başka bir çalışmada ise ücretli karayollarının başlangıç ve bitişlerinde yer alan MG (Manuel Gişe) ve EG (Elektronik Gişeler)'de çarpışma riskinin yüksek olacağını öngörerek bu bölgelerin insansız hava aracından gelen görüntüler kullanılarak otomatik değerlendirilmesi üzerinedir (Xing, He, Li, We, Yuan ve Gu, 2020, s.1). Şekil 9'da deneysel çalışmalarda kullanılan örnek bir görüntü ve olası çarpışma durumları belirtilmektedir. İlgili çalışmada, stabilizasyon, öznitelik çıkarımı ve takibi gibi adımlar sonrasında 1031 farklı araç takibi yapılmış ve yörüngeleri elde edilmektedir. Yörünge bilgisi içerisinde bulunan çerçeve indisi, zaman indisi, pozisyon gibi bilgiler üzerinden aracın hızı, yol ile hız vektörünün yaptığı açı, aracın başlangıçtaki şeridi, aracın hedefindeki gişe şeridi, araçların merkezleri arasındaki uzaklıklar gibi pek çok bilgi elde edilmiştir. Elde edilen bu yoğun bilgi farklı makine öğrenmesi yöntemleriyle sınıflandırıldığında çarpışma riskinin başarılı bir şekilde elde edilebileceği ifade edilmiştir.

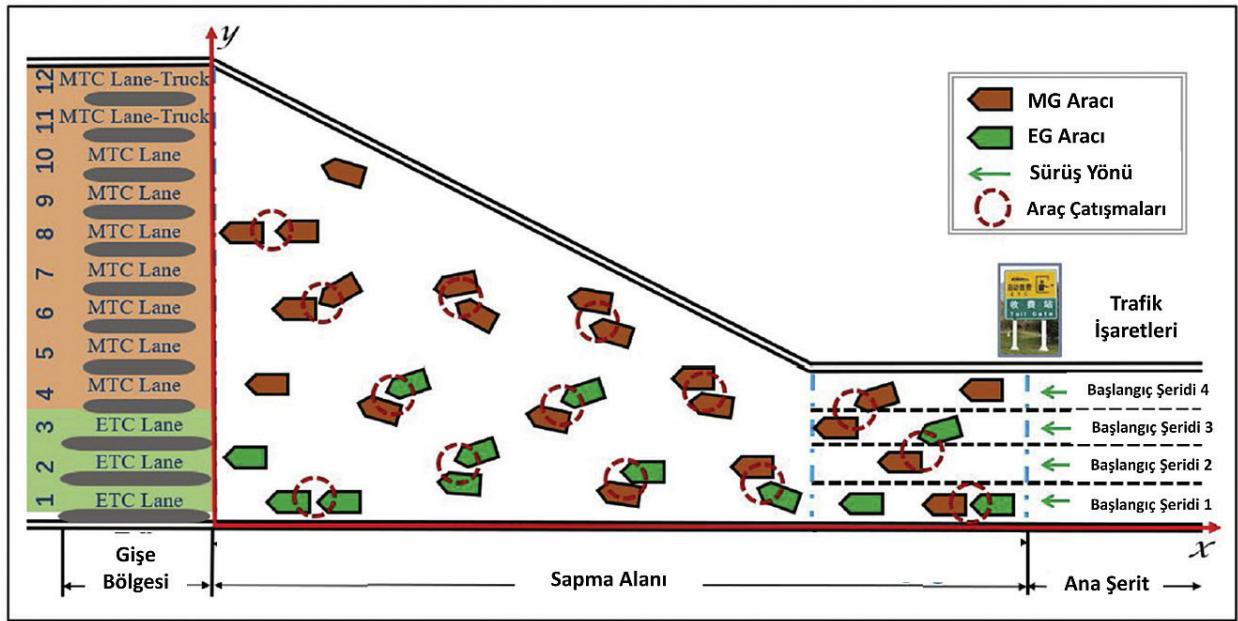




Şekil 8. Yolo v3 sonrasında elde edilen örnek bir araç tespit sonucu (Shuan ve diğerleri, 2021, s. 9).



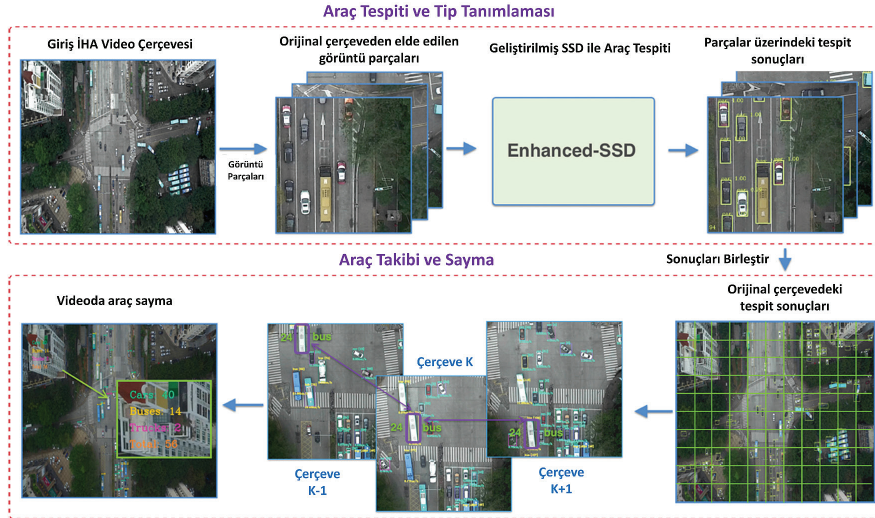
(a)



Şekil 9. Deneylerin yapıldığı gişe bölgesi ve olası çarpışma durumları (Xing ve arkadaşları, 2020, s. 3).

Trafik yoğunluğunun tahmini amacıyla yapılan başka bir çalışmada ise 64 bine yakın araba, otobüs ve tır sınıflarından araçlar içeren 512x512 çözünürlüğünde görüntüler kullanılmaktadır (Zhu, Sun, Jia, Li, Hou, Lin, Liu ve Qiua, 2018, s.1). Yönteme ilişkin blok diyagram Şekil 10'da verilmektedir. İlgili çalışmada öncelikle orjinal görüntülerden görüntü parçaları elde edilerek Gelişmiş SSD modeline uygulanarak

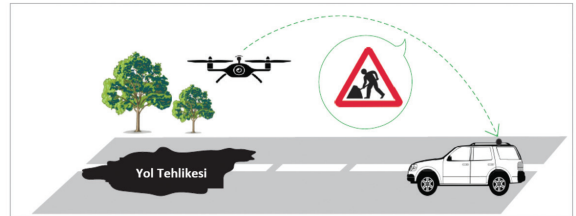
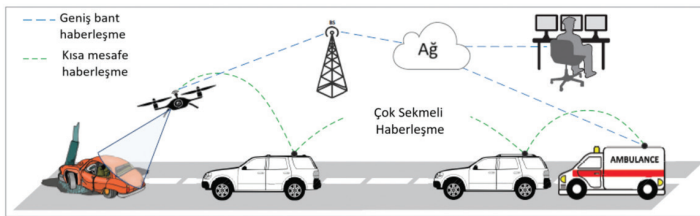
araçların tespiti yapılmaktadır. Sonrasında her bir parçadan gelen bilgiler birleştirilerek ardışık çerçeveler için araç takibi yapılmaktadır. Araç takibi sonrasında ise izlenen bölgedeki araç sayısı elde edilmektedir. Önerilen yaklaşım, %93 sayma doğruluğunda 720p çözünürlüğündeki bir videoyu saniyede 125 çerçeve işleme işleme yeteneğine sahip olduğu paylaşılmıştır (Zhu ve diğerleri, 2018, s.12).



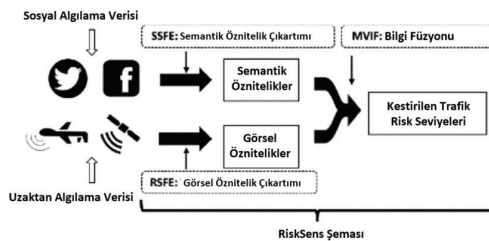
Şekil 10. Trafik yoğunluk tahmini için kullanılan yaklaşım (Zhu ve diğerleri, 2018, s. 1).

İnsansız hava araçları kullanan bazı akıllı şehir uygulamalarında ise zincirleme kaza ve doğal afet vb. sebeplerden dolayı yolda meydana gelen hasarlar gibi durumlarda ilk müdahale amaçlı kullanılabilirliği ifade edilmiştir (Menouar, Güvenc, Akkaya, Uluagac, Kadri, ve Adem, 2017, s. 1). İlgili makaledeki görsel Şekil 11'de paylaşılmaktadır. Makalede yoğun trafik bulunan bölgeye ilkyardımanın daha hızlı amacıyla insansız hava araçlarının kullanılacağından bahsedilmektedir. Bu süreçte en kısa sürede kaza ile ilgili raporlamanın yapılabilmesi için ilgili bilgilerin genişbant ve kısa mesafe haberleşme yollarıyla ambulans ve trafik ekipleriyle gerçek zamanlı paylaşılması konseptin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Alternatif olarak insansız hava araçlarının sürekli olarak belirli bir rotada dolaşarak yoldaki kazaya yol açabilecek durumları denetlemesi ve ilgili birimlere bu durumu raporlamasının da yine önemli akıllı şehir uygulamalarından biri olabileceği düşünülmektedir.

Yer gözlem uyduları da insansız hava araçları gibi akıllı şehirler için önemli kaynaklar sağlamaktadır. Bu uydular belirli zaman periyotlarıyla görüntüler elde ettiğinden daha çok yol kalite kontrolü gibi hızlı değişim olmayan ve durağan olayların incelemesinde kullanılmaktadır (Karimzadeh ve Matsuoka, 2021, s.1). Bir başka çalışma da Google Maps gözlem uydusu ve sosyal medyayı birlikte kullanarak riskli trafik bölgelerin tanımlanması üzerine (Zhang, Lu, Zhang, Shang ve Wang, 2018, s.1). RiskSens isimliyle paylaşılan bu çalışmaya ait şema ve örnek veri çifti Şekil 12'de verilmiştir. Buna göre, Twitter ve Facebook gibi sosyal medya kanallarından elde edilen metinlerden semantik öznitelikler elde edilmektedir. Google Maps üzerinden elde edilen görüntülerden de görsel öznitelikler çıkartılmakta ve bu iki farklı öznitelik tipi kaynaştırılmaktadır. Kaynaştırılan bu veri üzerinden trafik risk seviyesi belirlenmektedir. Yapılan çalışmada, sadece sosyal medya verisi risk seviyesi çıkarmak iki bilgiyi birlikte kullanmaya göre %10 daha düşük sonuçlar sağladığı ifade edilmektedir.



Şekil 11. Trafik kaza ve yol kaynaklı sorunların tespiti ve iletilmesi (Menouar ve diğerleri, 2017, s. 4).



**Cindy Vero** ... · 17h  
Accident Investigation in Queens - WB Northern Blvd (RT-25A) between 38th St and 34th St road closed, .



Şekil 12. RiskSens çalışması akış şeması ve örnek veri çifti (Menouar ve diğerleri, 2017, s. 4).

## Sonuçlar

Akıllı şehirlerin en önemli bileşenlerinden biri olan akıllı ulaşım sistemleri kısmında son yıllarda önemli sayıda bilimsel çalışma yapılmıştır. İstanbul gibi nüfusun hızla büyüdüğü şehirlerde trafik en önemli problemlerden biri olmaktadır. Bu kısımda, bir yandan mevcut trafiği izlemek ve yönlendirmek için trafik ile ilgili farklı parametrelerin takibi gerekirken diğer yandanda da elde edilen bu bilgilerin gelecekteki ulaşım planlamalarına dahil edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, trafik yoğunluğu, araç hızları, araç davranışları, araç yönelimleri ve birbirileri arasındaki mesafeler gibi pek çok parametrenin özellikle insansız hava araçları kullanılarak başarı elde edilebileceği görülmektedir. Bazı durumlarda trafik sıklığına kazalar sebep olabilmektedir. Literatürde kazanın otomatik tespiti, kaza risk seviyesinin belirlenmesi ve hızlıca ilk yönlendirmenin yapılarak sağlık ve trafik ekiplerine raporlamanın yapılması

ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Bunlardan farklı olarak akıllı şehirlerde görme engellilerin toplu taşımayı verimli kullanması için bir çalışma da bulunmaktadır. Kötü hava koşullarında ve farklı zaman dilimlerinde akıllı otopark bölgesinin tespiti de başka bir çalışma konusu olarak öne çıkmaktadır.

Tüm bu çalışmalar akıllı şehirlerdeki ulaşım uygulamaları hakkındaki makaleler içerisinde bir kesit oluşturmaktadır. Yüzlerce farklı çalışma içeren bu konuda gelecekte teknolojinin daha da gelişmesi ve bölge yönetimleri tarafından gerekli yatırımların yapılması neticesinde akıllı şehirlerde farklı ulaşım uygulamalarının hızlıca hayatımıza gireceğini düşünüyoruz.

## Kaynakça

- Burlacu, M., Boboc, R. G. ve Butilă, E. V. (2022). Smart Cities and Transportation: Reviewing the Scientific Character of the Theories, Sustainability, 14, 8109.
- Butilă, E. V. ve Boboc, R. G. (2022). Urban Traffic Monitoring and Analysis Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Systematic Literature Review. Remote Sensing, 14(3), 620.
- Karimzadeh, S. ve Matsuoka, M. (2021). Development of nationwide road quality map: Remote sensing meets field sensing. Sensors, 21(6), 2251.
- Ke, R., Zhuang, Y., Pu, Z. ve Wang, Y. (2021). A Smart, Efficient, and Reliable Parking Surveillance System With Edge Artificial Intelligence on IoT Devices, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 22(8), 4962-4974.
- Martinez-Cruz, S., Morales-Hernandez, L. A., Perez-Soto, G. I., Benitez-Rangel, J. P. ve Camarillo-Gomez, K. A. (2021). An outdoor navigation assistance system for visually impaired people in public transportation. IEEE Access, 9, 130767-130777.
- Menouar, H., Guvenc, I., Akkaya, K., Uluagac, A. S., Kadri, A. ve Tuncer, A. (2017). UAV-enabled intelligent transportation systems for the smart city: Applications and challenges. IEEE Communications Magazine, 55(3), 22-28.
- Mok, K. ve Zhang, L. (2022). Adaptive Traffic Signal Management Method Combining Deep Learning and Simulation. Multimedia Tools and Applications, 1-21.
- Pathik, N., Gupta, R. K., Sahu, Y., Sharma, A., Masud, M. ve Baz, M. (2022). AI enabled accident detection and alert system using IOT and deep learning for smart cities. Sustainability, 14(13), 7701.
- Shan, D., Lei, T., Yin, X., Luo, Q. ve Gong, L. (2021). Extracting key traffic parameters from UAV video with on-board vehicle data validation. Sensors, 21 (16), 5620.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2018) United Nations web sitesinden 20 Kasım 2022 tarihinde erişildi: [www.un.org/development/desa/pd/themes/urbanization](http://www.un.org/development/desa/pd/themes/urbanization).
- Wang, Z., Huang, J., Xiong, N. N., Zhou, X., Lin, X. ve Ward, T. L. (2020). A robust vehicle detection scheme for intelligent traffic surveillance systems in Smart Cities. IEEE Access, 8, 139299-139312.
- Xing, L., He, J., Li, Y., Wu, Y., Yuan, J. ve Gu, X. (2020). Comparison of different models for evaluating vehicle collision risks at upstream diverging area of toll plaza. Accident Analysis & Prevention, 135, 105343.
- Zhang, Y., Lu, Y., Zhang, D., Shang, L. ve Wang, D. (2018). Risksens: A multi-view learning approach to identifying risky traffic locations in intelligent transportation systems using social and remote sensing. IEEE International Conference on Big Data (Big Data) (ss. 1544-1553).
- Zhu, J., Sun, K., Jia, S., Li, Q., Hou, X., Lin, W. ve Qiu, G. (2018). Urban traffic density estimation based on ultrahigh-resolution UAV video and deep neural network. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 11(12), 4968-4981.



ŞURA  
AKADEMi

ŞURA KENT POLİTİKALARI VE ARAŞTIRMALARI MERKEZİ

Kozluk Mahallesi Mehmet Ali Kağıtçı Sokak no:71 İzmit/KOCAELİ

+90 262 270 01 00 | bilgi@suraakademi.org.tr

www.suraakademi.org.tr

  /suraakademi

Şehirlerde Akıllı Çevre Uygulamaları

*Smart Environment Applications in Cities*

**Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ, Doç. Dr. Mehmet ÇETİN**

Veriye Dayalı Akıllı Şehir Oluşturmada Teknoloji Trendleri

*Technology Trends in Building a Data-Driven Smart City*

**Prof. Dr. Oğuzhan URHAN, Prof. Dr. Mehmet Kemal GÜLLÜ**

Akıllı Şehirlerde Afet Riski Azaltılması Uygulamaları

*Disaster Risk Reduction Practices in Smart Cities*

**Prof. Dr. Şerif BARIŞ, Doç. Dr. Abdullah Can ZÜLFİKAR, Mustafa KORKMAZ, Süleyman TUNÇ**

Spor Bilimleri Fakültesinde Okuyan Öğrencilerin “Akıllı Şehir” ve

“Erişilebilirlik” Kavramlarına İlişkin Metaforları

*Metaphors of the Students in the Faculty of Sport Sciences*

*on the Concepts of "Smart City" and "Accessibility"*

**Prof. Dr. Elif KARAGÜN, Doç. Dr. Sevinç NAMLI**

Veri Güdümlü Kent Yönetimi: Otobüs Hatları için Gerçek Zamanlı

Durak Yoğunluğu Engelleme ve Operasyon Destek Sistemi

*Data Driven City Management: Real-Time Bus Bunching*

*Prevention and Operation Support System for Bus Lines*

**Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK, Bekir ÖZYURT**

Akıllı Şehirlerde Ulaşım Uygulamaları

*Transportation Applications in Smart Cities*

**Dr. Öğr. Üyesi Ayhan KÜÇÜKMANİSA, Doç. Dr. Ali Can KARACA**