

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 hücreli 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 hücreli 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. 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 belediyeçilik 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 taşımanın 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 km²'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 de 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 ayrı 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>