

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARININ**  
**CUPCARBON İLE BENZETİMİ: AKILLI ŞEHİR ÖRNEKLERİ**

**MEHMET AKKURT**

**KOCAELİ 2019**

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARININ  
CUPCARBON İLE BENZETİMİ: AKILLI ŞEHİR ÖRNEKLERİ

MEHMET AKKURT

Doç. Dr. Kerem KÜÇÜK  
Danışman, Kocaeli Üniversitesi  
Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ  
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Orhan AKBULUT  
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 11.02.2019

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzün vazgeçilmezi haline gelecek olan nesnelerin interneti kavramının gelişmesiyle nesnelerin birbirleriyle kablosuz iletişimi de yaygınlaşmaktadır. Nesneler arasındaki bu kablosuz iletişimden faydalanarak nesnelerin interneti tabanlı birçok akıllı şehir uygulaması geliştirilme çabası artmıştır. Bu tez çalışmasında, bu kadar önemli konuya, bir bakış ve destek olacağını düşündüğümüz nesnelerin interneti bakış açısıyla akıllı şehir örnek uygulamaları yapılmış ve bu konudaki literatüre yer verilmiştir.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmalarına yön veren, bana güvenen ve yüreklendiren danışmanım Doç. Dr. Kerem KÜÇÜK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans öğrenimim boyunca görüşleri ile çalışmalarına katkıda bulunan, karşılaştığım her zorlukta desteğini ve zamanını esirgemeyen Şırnak Üniversitesi akademik çalışanlarına ve birçok aşamada beni destekleyen tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana güç veren en büyük destekçilerim, her aşamada sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan sevgili babam, annem ve kardeşime teşekkürlerimi sunarım.

Ocak – 2019

Mehmet AKKURT

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLOLAR DİZİNİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ .....	1
1. AKILLI ŞEHİRLER .....	5
1.1. Akıllı Şehirlerin Nesnelerin İnterneti ile İlişkisi .....	6
1.2. Akıllı Dünyamız.....	6
1.3. Akıllı Şehir ve Dijital Şehir Arasındaki İlişki .....	6
1.4. Kentlerin Akıllı Şehirlere Dönüşümü .....	7
1.5. Akıllı Şehirlerin Uygulama Alanları .....	8
2. NESNELERİN İNTERNETİ .....	11
2.1. IoT Mimarisi .....	12
2.1.1. Algılama katmanı .....	12
2.1.2. Ağ katmanı .....	13
2.1.3. Middleware (ara katman) .....	13
2.1.4. Uygulama katmanı .....	13
2.1.5. İş katmanı .....	13
2.2. IoT Uygulama Alanları .....	14
2.2.1. Kişisel ve ev IoT hizmetleri .....	15
2.2.2. Topluluk IoT hizmetleri .....	15
2.2.3. Ulusal ve bölgesel IoT hizmetleri .....	15
2.2.4. Mobile (hareketli) IoT hizmetleri.....	16
3. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR.....	19
3.1. Sensör (Algılayıcı) .....	19
3.2. Etmen Tabanlı Ağlar .....	19
3.3. Kablosuz Algılayıcı Ağların Sınırlılıkları.....	20
3.4. Uygulama Alanları .....	20
3.5. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ve IoT .....	21
3.6. WSN ve Akıllı Şehirler .....	21
3.7. Kullanılan Kablosuz İletişim Protokolleri .....	23
3.7.1. IEEE 802.15.4 – Zigbee .....	23
3.7.2. WiFi .....	23
3.7.3. LoRa.....	24
4. CUPCARBON SİMÜLATÖRÜ .....	25
4.1. Simülasyonun Amacı .....	25
4.2. CupCarbon Simulator Yapısı .....	26
4.2.1. Çok etmenli simülasyon ortamı .....	26
4.2.2. WSN simülasyonu (WiSeN) .....	28
4.2.3. Dosya yapısı .....	28

4.3. CupCarbon Kullanıcı Arayüzü.....	29
4.4. CupCarbondaki Algılayıcı Çeşitleri.....	30
4.5. CupCarbon ile Uygulama Tasarımı .....	30
4.6. Bir Düğümün Koordinatlarını İsteme Uygulaması .....	34
4.7. CupCarbon Simülatörünün Avantajları.....	38
5. CUPCARBON İLE AKILLI ŞEHİR BENZETİM ÇALIŞMALARI.....	39
5.1. Hareket Halindeki Araçlardan Konum Bilgisi Alma .....	39
5.2. Binalardaki Kişi Yoğunluğunun Tespit Edilmesi .....	44
5.3. Su Verimliliği için Barajların Doluluk Oranlarının Tespit Edilmesi .....	48
5.4. IoT Temelli Akıllı Şehir Uygulaması.....	53
6. SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER .....	64
KAYNAKLAR .....	66
EKLER .....	73
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	85
ÖZGEÇMİŞ .....	86



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Veri tabanlı son kullanıcılar ve uygulama alanlarını gösteren IoT şeması.....	14
Şekil 3.1	IoT, WSN ve Akıllı şehir ilişkisi.....	22
Şekil 4.1	Çok etmenli bir sümülasyon ortam örneği.....	27
Şekil 4.2	SenScript betiği kullanılarak oluşturulan komut dosyası.....	28
Şekil 4.3	CupCarbon kullanıcı arayüzü.....	29
Şekil 4.4	Uygulamanın başlangıç tasarımı bekleme durumunda.....	32
Şekil 4.5	Kod penceresi örneği.....	32
Şekil 4.6	Uygulamada kullanılan Senscript diline ait sözde kodlar.....	33
Şekil 4.7	Örneğin çalıştırmasında kapsama alanına girme durumu.....	34
Şekil 4.8	Uygulamanın başlangıç görüntüsü.....	35
Şekil 4.9	Koordinatları isteyen düğümün verici2 dosyasına ait sözde kodları.....	35
Şekil 4.10	Koordinatları talep eden uygulamanın çalıştırılması.....	36
Şekil 4.11	Uygulamanın diğer düğümlerinin alıcı2 dosyasına ait sözde kodları.....	36
Şekil 4.12	Uygulamanın son durumu.....	38
Şekil 5.1	Hareket halindeki araçlardan konum ve mesaj bilgisi alma tasarım görüntüsü.....	41
Şekil 5.2	Araçlardan mesaj ve konum bilgisi alma uygulamasının çalıştırılması.....	42
Şekil 5.3	Araç takip senaryosu algoritmasında kullanılan sözde kodlar.....	42
Şekil 5.4	Hareket halindeki araçların geçtiği konumlar.....	44
Şekil 5.5	Kişi sayısının tespiti senaryosunu tasarımı.....	45
Şekil 5.6	Kişi sayısının tespiti uygulamasının çalıştırılması.....	46
Şekil 5.7	Bir gün içerisinde binaya giriş yapan kişi sayısı.....	46
Şekil 5.8	Ortamdaki kişi yoğunluğunun tespiti uygulamasının sözde kodları.....	47
Şekil 5.9	Barajların doluluk oranlarının alınması uygulaması.....	49
Şekil 5.10	Barajların su seviyelerinin belirlenmesi uygulamasının çalıştırılması.....	49
Şekil 5.11	Su kaynaklarının verimliliği için kullanılan sözde kodlar.....	51
Şekil 5.12	Barajların aylara göre doluluk oranları.....	53
Şekil 5.13	IoT temelli akıllı şehir uygulamasının genel tasarımı.....	53
Şekil 5.14	IoT temelli akıllı şehir uygulamasının kampüs tasarımı.....	54
Şekil 5.15	IoT temelli akıllı şehir çalıştırılma durumu.....	56
Şekil 5.16	IoT temelli akıllı şehir uygulamasına ait sözde kodlar.....	58
Şekil 5.17	IoT temelli uygulamadaki araçların konumları.....	62
Şekil 5.18	IoT temelli uygulamadaki kişi yoğunluğu.....	63
Şekil 5.19	IoT temelli uygulamadaki baraj doluluk oranları.....	63

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 5.1	Araçlardan mesaj ve konum bilgisi alınması uygulamasına ait bileşenler .....	40
Tablo 5.2	Kişi yoğunluğu tespiti uygulamasında kullanılan bileşenler.....	45
Tablo 5.3	Barajların su doluluk oranı tespiti uygulamasında kullanılan bileşenler .....	50
Tablo 5.4	IoT temelli akıllı şehir uygulamasında kullanılan bileşenler .....	55



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar

CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
GPS	:Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
IoT	:Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
LoRa	:Long Range (Uzun Mesafe)
NFC	:Near Field Communication (Yakın Alan İletişimi)
OSI	:Open Systems Interconnection (Açık Sistemler Bağlantısı)
OSM	:OpenStreetMap
RFID	:Radio Frequency Identification (Radyo Frekanslı Tanımla)
RS	:Remote Sensing(Uzaktan Algılama Sistemleri)
WSN	:Wireless Sensor Network (Kablosuz Algılayıcı Ağlar)
ZigBee	:IEEE 802.15.4 Standardındaki Ağ Teknolojisi



## NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARININ CUPCARBON İLE BENZETİMİ: AKILLI ŞEHİR ÖRNEKLERİ

### ÖZET

Nüfus yoğunluğunun şehir merkezlerinde artması, hızlı kentleşmeyi ve buna bağlı birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Giderek karmaşık hale gelen şehir yaşamını yaşanabilir hale getirmek ve yeni nesil teknolojilere dayalı olarak şehir problemlerine çözümler getirmek için çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalar akıllı şehir kavramı ve yapılacak uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Teknolojinin gelişmesiyle beraber farklı çeşitlerde ve çok küçük boyutlarda algılayıcılar geliştirilmiştir. Bu algılayıcıların nesnelere ve gömülü aygıtlara entegre edilmesiyle bu nesnelere farklı özellikler yüklenmekte ve nesnelere akıllı hale getirilmektedir. Bu nesnelere birbiriyle iletişimi sağlanarak internete bağlanmasıyla Nesnelere İnterneti adı verilen kavram ile birlikte akıllı kent çalışmalarına ayrı bir boyut kazandırılmıştır. Nesnelere İnterneti kavramının hızla gelişmesiyle bu yapının kablosuz ağlarda kullanılmasıyla birçok akıllı şehir uygulaması geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında akıllı şehir problemlerinden olan hareket halindeki araçların takibi, ortamdaki kişi yoğunluğunun tespiti ve su kaynaklarının verimli kullanılması senaryolarını göz önüne alarak üç akıllı şehir uygulaması ile bu uygulamaların geliştirilmesiyle nesnelere İnterneti (Internet of Things, IoT) temelli bir akıllı şehir uygulaması tasarlanmıştır. Bu uygulamalar IoT teknolojisi temelli akıllı şehirler için kablosuz algılayıcı ağ tasarımıyla kullanılan CupCarbon simülöründe tasarlanmış ve benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalarda akıllı şehir problemlerine uygun farklı haberleşme teknolojilerinden olan ZigBee, Wi-Fi ve LoRa seçilerek CupCarbon simülöründe ayrı ayrı ve kombine şekilde modellenmiş, elde edilen sonuçlar doğrultusunda da performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki; akıllı şehir uygulamaları için IoT temelli çözümlerin yüksek oranda sağlanabileceği ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Şehirler, CupCarbon Simülör, Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Nesnelere İnterneti.

## **SIMULATION OF INTERNET OF THINGS APPLICATIONS WITH CUPCARBON: SMART CITY EXAMPLES**

### **ABSTRACT**

The increase in population density in urban centers leads to rapid urbanization and brings with it many problems related to this result. Studies are continuing on the basis of new generation technologies in order to make the city life more complicated. These studies focus on the smart city concept and applications.

With the development of technology, different types of sensors have been developed. By integrating these sensors into objects and embedded devices, these objects have different characteristics and make things smarter. By connecting these objects to the internet by communicating with each other; with the concept called Internet of Things (IoT), a separate dimension is added to smart city studies. With the rapid development of the concept of the Internet of Things, many smart city applications have been developed by using this structure in wireless networks.

In this thesis, three different smart city applications have been designed based on the Internet of the Things (IoT) which take into consideration the scenarios of the smart city, the tracking of moving vehicles, the determination of the density of the people in the environment and the efficient use of water resources. These applications were designed and simulated in the CupCarbon simulator used in the design of wireless sensors for intelligent cities based on IoT technology. In these applications, ZigBee, Wi-Fi, and LoRa, which is one of the different communication technologies suitable for smart city problems, were selected separately and combined in the CupCarbon simulator and performance analyses were performed according to the results obtained. The results show that; It has been demonstrated that IoT based solutions can be provided at a high rate for smart city applications.

**Keywords:** Smart City, CupCarbon Simulator, Wireless Sensor Network, Internet of Things (IoT).

## GİRİŞ

Nüfusun çoğunluğu genellikle hem dünyada hem de ülkemizde şehirlerin il ve ilçe merkezlerinde yaşamaktadır. Şehirlerdeki bu nüfus artış yoğunluğuna paralel olarak gerek planlı gerekse çarpık olmak üzere farklı şekillerde hızlı kentleşme olmakta ve buna bağlı olarak birçok problemi beraberinde getirmektedir [1]. Hızlı kentleşmeye bağlı artan nüfus yoğunluğu ile beraber tüketim ihtiyacında artış olmakta, bu ihtiyaçlara cevap verilebilmesi ve çağın gereksinimlerine uygun olarak giderilebilmesi noktasında etkin bir şehir yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Şehirlerde artan problemleri ve ihtiyaçları analiz edip, elde ettikleri sonuçlara göre planlama yapma, sorunlara hızlı çözümler getirebilme ve eldeki mevcut kaynakları koordine edebilmek için yerel yönetimler, devlet kurumları ve özel sektör gibi kurumlar sürekli yeni arayışlar içerisindeyler. Bu arayışlar sonucunda karmaşık hale gelen kent yaşamını yaşanabilir kılmak için planlamalara, akıllı şehir çalışmalarına ve buna dayalı akıllı şehir uygulama tasarımlarına son zamanlarda önem verilmektedir [2], [3], [4].

Akıllı şehir uygulamalarının büyüyen sorunlara ve artan ihtiyaçlara sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler getireceği düşüncesi giderek önem kazanmaktadır.[5], [6], [7].

Bu açıdan bakıldığında teknolojiye gelişmeler ve beraberinde getireceği yenilikler akıllı şehirlerdeki gelişmeleri de etkilemektedir. Örnek olarak; akıllı sokak lambaları, akıllı trafik yönetimi, sanal enerji santralleri, akıllı acil durum sistemleri [8], [9], [10], akıllı sağlık gibi projelerde karşımıza çıkmaktadır [11]. Tüm bu yapılan uygulamalara baktığımızda akıllı şehir inşası için kamu alt yapısının, akıllı şehir için kamu platformu yapısının ve uygulama sistemlerinin yapısının inşası olmak üzere üç seviyede incelenmektedir [12].

Arasteh ve arkadaşları IoT kavramı ve akıllı şehirlere değinerek ikisi arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadırlar [13]. Akıllı şehirlerdeki vatandaşların haklarının korunması için

IoT' nin fonksiyonelliği ve özellikleri açısından akıllı sistemlerin ve algılayıcıların kullanılması gerektiğini belirtmektedir.

Pellicer ve arkadaşları akıllı şehir uygulamalarına ve dünyada Paris, Amsterdam, Toronto, New York gibi bazı büyük şehirlerde yapılmış akıllı şehir uygulamalarını akıllı yönetim, akıllı yaşam, akıllı çevre, akıllı ekonomi gibi durumlar açısından incelemektedir [14]. Ayrıca fikri mülkiyetini tescil etmek için hangi ülkelerin ve şirketlerin daha fazla çaba sarf ettiklerini göstermek amacıyla, temel akıllı şehir teknolojilerinde alınan patentler üzerine bir çalışma sunmaktadır.

Rashid ve arkadaşları şehir alanlarında kablosuz algılayıcı ağların yayılımı hakkında kapsamlı bir çalışma yapmıştır [15]. Akıllı şehir ortamında Kablosuz Algılayıcı Ağların (WSN) önemi üzerinde durulmuştur. Literatürde WSN'ler üzerine yapılan çalışmalardan hareketle bu çalışmalar detaylı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda tüm çalışmaları kategorize ederek sınıflandırmaya çalışmaktadır.

Algılayıcı teknolojisinin son zamanlarda gelişmesiyle sıcaklık, nem, ışık, renk, ağırlık, basınç gibi birçok değeri çevreden algılayabilen algılayıcı çeşitleri artmıştır. Uygulamaların birçoğunda bu tür algılayıcı çeşitliliğinin kullanılması akıllı şehir fikrini daha da öne çıkarmıştır.

Bilgi teknolojilerinde de IoT kavramı son zamanlarda önem kazanmıştır. IoT'nin çevremizdeki gömülü aygıt ve sistemlere entegre edilmesi bize akıllı bir şehir sağlayabilmektedir [11]. IoT cihazları ile çevresel birçok veri toplanmakta, oluşan büyük veriler çeşitli yöntemlerle analiz edilerek birçok akıllı şehir uygulamasında kullanılmaktadır.

Bu çalışmada IoT temelli akıllı şehirler için kablosuz algılayıcı ağ tasarımında kullanılan CupCarbon simülatörünü kullanarak akıllı şehirlerdeki farklı problemlere çözüm getirecek bazı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu problemlere ait uygulamalar; (i) Şehirlerde hareket halinde olan araçların gerçek zamanlı olarak konumlarının veri merkezlerine iletilmesi ve bu verilerden çıkarımların elde edilmesi; (ii) farklı binalarda kişi sayılarının gerçek zamanlı olarak tespiti ve anlamlandırılması; (iii) su kaynaklarının verimliliğinin artırılması için barajların takibi ve acil durum uyarılarının oluşturulmasıdır. Tüm bu problemlerin benzetimleri coğrafî konuma

dayalı çok etmenli ve ayırık olaylı kablosuz algılayıcı ağ yapısını temel alan CupCarbon simülasyonu kullanılarak benzetimleri yapılmıştır.

Bu tezde bu uygulamalara değinmemizin sebebi;

1. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'nin zengin su kaynaklarına sahip olmakla beraber bunun bir kısmını enerji üretilmesi ve içme suyu kullanılması için barajlarda depolanmaktadır. Barajlardaki su seviyesi tespit edilemediğinden barajlarda bulunan suyun bilinçsizce kullanılması, kişilerin doluymuş gibi sürekli israf etmesi, bazı yıllarda iklim şartları nedeniyle mevsimin kurak geçmesi gibi nedenlerle barajlarda su sıkıntısı yaşanmaktadır. Akıllı şehir çalışmaları kapsamında tezimizde bu sıkıntının giderilmesine çözüm olabilecek barajların su seviyesinin tespiti uygulaması yapılmasında yol gösterici olmuştur.

2. Trafik kazalarıyla binlerce kişi hayatını kaybetmekte kaza anında araç konumu ve araçtan alınacak mesajla yer tespiti yapılarak oluşacak can kaybının veya geri dönülemez bazı sonuçların önüne geçilecektir. Seyir halindeki araçların birbirleriyle mesajlaşamaması örneğin karşıdan gelen bir aracın gerisinde bir kaza olduğunu karşıdaki araca bildirmesi gibi ya da yol trafik bilgisini gerçek zamanlı olarak araçlardan alınılmamaktadır. Bu sebeplerden yapılacak akıllı şehir uygulamaları ve akıllı trafik sistemleri ile bu sıkıntının önüne geçebileceğini düşündüğümüz ve bir akıllı şehir uygulaması olan araçların konum ve mesaj bilgisi alma uygulaması yapılmıştır.

3. Öğrenci veya personel sayısı fazla olan Üniversiteler, kurumlar, işletmeler, mağazalar ve küçük olan bir apartmanda bile gerçek zamanlı kişi sayısı tespit edilememektedir. Bu durumda binalara giren çıkan kişi sayısının gerçek zamanlı olarak tespit edilmesi ve bu durumlarda binaya giren yabancıların olması, akşam bina boşaldığında içerde kalan kişi sayısının tespit edilmesi gibi durumlarla karşılaşılması için akıllı şehir kapsamında binalardaki kişi sayılarının gerçek zamanlı olarak tespiti uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın organizasyonu şu şekildedir. Bölüm I'de akıllı şehirler tanıtılmakta ve uygulama alanları üzerinde durulmaktadır. Bölüm II'te IoT kavramı, mimarisi ve IoT'de kullanılan kablosuz radyo teknolojileri üzerinde durulmaktadır. Bölüm III'te çok etmenli algılayıcı aygıtlar üzerinde durulmuş ve bunların kullanıldığı kablosuz

algılayıcı ağlar teknolojisine değinilmektir. Bölüm IV'te akıllı Şehirler için IoT kavramı temelinde uygulamaların modellenebildiği ve benzetimini yapıldığı CupCarbon adı verilen simülatör programının yapısı ve arayüzü tanıtılarak farklı örnek uygulamalar yapılmaktadır. Bölüm V'te IoT temelli akıllı Şehir uygulamalarının CupCarbon simülatöründe benzetimi gerçekleştirilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmekte ve elde edilen sonuçlar ıŐıđında önerilerde bulunulmaktadır.



## 1. AKILLI ŞEHİRLER

Akıllı Şehir kavramının sabit bir tanımı olmamakla beraber birçok kaynakta farklı Şekillerde tanımlanmaktadır. Yapılan tanımlara baktığımızda birçok araştırmacı kendi ihtiyaç ve potansiyeline göre tanımlama yapmaktadır. Akıllı Şehir kavramı üzerine birçok araştırma yapılmaktadır [16] .

Akıllı Şehir kavramının kökeni esas olarak iki faktöre dayanmaktadır. Birincisi, dünya nüfusunun hızlı artışı ve nüfusun kırsal alanlardan kentsel merkezlere doğru gn artması, ikincisi, gelecekte dünya nüfusunun küresel arzı, evre ve iklim değişikliği gibi endişelerin yanı sıra, doğal kaynakların yetersizliği konusundaki endişelerin artmasıdır.

Nüfusun kırsal alanlardan kentsel merkezlere doğru gn artmasının en önemli nedenleri arasında kent merkezlerinde hızlı gelişen sanayi ile insanların sosyal hayatlarındaki birçok ihtiyaını Őehirlerden karşılamasıdır [17].

Şehirlerde beyin gnn önlemek, yeterli sağlık hizmeti vermek, bürokratik maliyetleri azaltmak, ulaşım sorunlarını zmek, iletişim altyapısına yatırım yapmak, su ve enerji sistemlerinin etkinliğini korumak, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak Şehirlerin uğraşması gereken en büyük zorluklardır [18].

Akıllı Şehir, entegrasyonları yoluyla elde edilen altyapı, sermaye davranışlar ve kültürler arasındaki etkileşimin karakterize ettiği akıllı bir sistemi kullanan Őehirdir [19].

Bozuk kentleşme sonucu oluşan doğaya zarar veren gürültü, evre kirliliği gibi sorunlardan kurtulmak amacıyla gerçekleştirilen teknolojik ve çevreye zarar vermeyen projelere akıllı Şehir denilebilir [20].

Akıllı Şehir kavramı, çağın gereksinimlerine uygun olarak kamu ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla etkin bir Şehir yönetimini kurmayı hedeflerken vatandaşların

yaşam kalitesini yükseltmeyi, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanımıyla beraber katılımcı ve sürdürülebilir bir kentsel geliştirme vizyonudur [20].

Akıllı şehir, vatandaşları için genel yaşam kalitesini yükseltmek, ulaşım, eğlence ve devlet hizmetlerini içeren boyutları kapsayan uygulama inovasyonunu teşvik eden ağ oluşturma ve hesaplama teknolojileri ve veri güvenliği ve gizlilik önlemleri ile birlikte veri toplama, işleme ve yayma teknolojilerinin bir birleşiminden yararlanmaktadır [11].

### **1.1. Akıllı Şehirlerin Nesnelerin İnterneti ile İlişkisi**

Akıllı şehir, esas olarak gelecek nesil bilgi teknolojisini yaşamın her kesimine uygulama üzerine odaklanmaktadır. Dünyanın her köşesine hastanelere, elektrik şebekelerine [21], köprülere, tünellere, demiryollarına, yollara, binalara, su sistemlerine, barajlara, petrol ve gaz boru hatlarına ve diğer nesnelere algılayıcı yerleştirilerek İnternet üzerinden “Nesnelerin İnterneti” ni oluşturulmaktadır.

İnsanlar nesnelerin internetini süper bilgisayarlar ve bulut bilişim aracılığıyla yönetebilir ve dinamik bir şekilde internet ve nesnelerin interneti birleşimiyle akıllı şehirler oluşturabilmektedir.

### **1.2. Akıllı Dünyamız**

Akıllı şehirler, akıllı şebekeler, akıllı yollar vb. şeklinde her şeyi akıllı yapmaya çalıştığımızda aslında “Akıllı Dünya” dediğimiz bir kavram ortaya çıkmaktadır. Akıllı diye denilen her sistem akıllı dünyanın bir parçasını oluşturmaktadır. Akıllı şehirler bunun en önemli parçası olduğundan tezimizde bu konu özerinde durulmaktadır. Aslında akıllı şehir akıllı dünyanın bir minyatürü denilmektedir.

### **1.3. Akıllı Şehir ve Dijital Şehir Arasındaki İlişki**

Uzaktan algılama sistemleri (RS), küresel konumlandırma sistemi (GPS), coğrafi bilgi sistemleri (CBS) [22] ve diğer mekânsal sistemlerinin bilgi teknolojilerini temel araç olarak ele alması dijital şehrin coğrafi bilgi çerçevesini oluşturulmaktadır.



Kamu hizmetleri için kentsel coğrafi bilgi platformunun oluşturulması ve altyapı çalışmaları yoluyla her türlü coğrafi bilginin gelişimi ve entegrasyonu ile birlikte tamamlanabilmektedir.

Akıllı şehir, kapsamlı bir dijital şehir ile daha görsel ve ölçülebilir kentsel yönetimle oluşturulabilmektedir. Nesnelerin internetini oluşturmak için çeşitli nesnelerin algılayıcılarla donatılmaları ve bu nesnelerin süper bilgisayarlar ve bulut bilişim ile bütünleştirilmeleri [23] sağlanmalıdır. Bu açıdan bakıldığında akıllı şehirlerin nesnelerin interneti ile birlikte bir dijital şehir ürünü olduğu anlaşılmaktadır.

#### **1.4. Kentlerin Akıllı Şehirlere Dönüşümü**

Akıllı şehirler, vatandaşın yaşam standardını geliştirmek için teknolojinin akıllıca kullanılmasıyla sorunlara kaliteli, etkin ve hızlı bir şekilde akıllı çözümler getirilmesi olarak tanımlanabilmektedir [2].

Akıllı kentler gelecekteki kent gelişiminde giderek önem kazanmaktadır. Genel olarak bir akıllı şehirden bahsetmek için temel üç sistemin inşa edilmesi gerekmektedir.

- Kamu altyapısının,
- Akıllı şehir için kamu platformunun,
- Uygulama sistemlerinin,

Avrupa Komisyonunca hazırlanan raporda kent halkının yaşam kalitesinin artırılmasının, yerel ve bölgesel ekonominin etkinliğinin ve rekabet gücünün geliştirilmesinin, akıllı kent dönüşümü ile kaynak etkinliği sağlanarak, kentlerin sürdürülebilir hale getirileceğinin hedeflendiği belirtilmektedir [24].

Kalkınma Bakanlığı Bilgi Toplum Stratejisi raporunda da belirtildiği üzere akıllı şehirlerin özellikleri aşağıdaki gibi listelenebilir [25].

- Mali olanakları artırarak sosyal etkinliği desteklemek ve kültürel ve kentsel iyileşmenin elde edilmesi için iletişim halindeki bilgi teknolojisi altyapılarını kullanmak, şehirlerde yeni istihdam olanaklarının artırılması ve geliştirilmesi yardımıyla şehirlerin sosyoekonomik göstergelerini arttırmak,

- Farklı alanlardaki popülasyonların sosyal ve kamu hizmetlerinden en iyi biçimde yararlanmasını sağlamak, sosyal ve çevresel olarak sürdürülebilirliği ve kaynakların etkili kullanılmasına katkı sunmak,
- Veri merkezli ve teknoloji odaklı ekonomide gerekli insan kaynağının şehirlere yönlendirilmesi ve şehirlerde üretici kültür ortamını meydana getirmek,
- Şehirlerin gelişiminde popülasyonların yeni teknolojilere ilgilerini artırma, benimsemek ve kişilerin yaşayan laboratuvarlar gibi ortamlar vasıtasıyla şehirler için yeni çözümler üretimine katkıda bulunmasını sağlamak,

Akıllı kent tanımı üzerine eğilen akademik makalelerde;

- Kent uygulamalarının dijital teknolojilerle uyumlu hale gelmesi,
- Uygulamaların dijital platformlarla birbirine bağlanması,
- Yönetişim–kentın halkla birlikte yönetilmesi,
- Enerji kaynaklarının etkin kullanılması,
- Su kaynaklarının etkin kullanılması,
- Doğa ve insanla uyum,
- Binaların, altyapının, ulaşımın akıllanması,
- Sürdürülebilir varlık yönetimi,
- Değişen koşullara daha hızlı uyum sağlama gibi kavramlar öne çıkmaktadır [5].

### **1.5. Akıllı Şehirlerin Uygulama Alanları**

Kablosuz algılayıcı teknolojisinin gelişmesiyle birçok nesnenin internete bağlanması sağlanmıştır. İnternete bağlı her nesnenin, çevreden verileri algılaması ve algılanan veriler doğrultusunda yorumlarda bulunması ve yorumlar neticesinde elde edilen sonuçları ilgili yerlere iletmesiyle nesnelere akıllı hale getirilmiştir. Enerji, bina, ulaşım, teknoloji, sağlık hizmetleri, altyapı, tarım gibi şehir problemlerinin çözümü için akıllı diyebileceğimiz akıllı şebekeler, akıllı park sistemleri, kamusal aydınlatma, yeşil enerji, atık yönetimi, acil durum vakaların tespiti gibi birçok uygulamalar geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Eğitim, sağlık, kamu güvenliği, telekomünikasyon, enerji, su, gıda, bankacılık, trafik, ulaşım, inşaat gibi birçok alanda meydana gelen sorunların çözülmesi ve bu sorunlara

çözüm yollarının aranması için “akıllı sistemlerin” oluşturulmasını zorunlu hale getirmektedir.

Mangır, Konya ilinde uygulanan akıllı şehir girişimleri için yapılacak projeleri analiz etmeye çalışmıştır [26]. Akıllı şehirlerde yapılacak teknolojik yatırımları hızlandırmak için şehirlerdeki altyapı yatırımlarının yeterli olması ve bu altyapıların vatandaşların yaşam kalitesi için daha verimli tasarlanmaları gerektiğini vurgulamaktadır. Konya ilinin akıllı şehir dönüşümü aşamasında akıllı park sistemi, akıllı atık toplama istasyonları, tarım için akıllı yağmurlama sistemleri gibi bazı tavsiyelerde bulunmaktadır.

Bıçakçı tezinde, akıllı şehir uygulamaları alanında dünya genelinde birçok ülkede yapılan çalışmalara değinmiştir [1]. Akıllı şehrin 6 (altı) boyutu olan akıllı çevre, akıllı mobilite (hareketlilik), akıllı yaşam, akıllı ekonomi, akıllı insanlar, akıllı yönetim [27] özelliklerine sahip olması gerektiğini vurgulamıştır. Bu konudaki literatürü inceleyerek Samsun ili için bir akıllı şehir modeli önerisinde bulunmuştur. Önerisinde projelerin hayata geçirilebilmesi için politikaların ve yönetsel yapının değişmesi ve akıllı kent girişim rehberinin hazırlanması gerektiğini belirtmektedir. Yönetmenin yanında çevresel sorunlara ve Akıllı Afet Yönetim Sistemi'nin kurulmasına ve yapılacak eylem planında [28] da akıllı şebekeler, akıllı yeşil binalar, enerji yönetim sistemleri, akıllı duraklar, akıllı ulaşım [29] uygulamaları gibi proje ve programların yer alması gerektiğine değinmektedir.

Kocaman tezinde coğrafi bilgi sistemlerinin gelişimiyle oluşturulan akıllı kent haritalarına ve Türkiye’de akıllı kent haritalarının kullanıldığı illere değinmektedir [17]. Akıllı kent haritalarının yerel yönetimlerde kullanım alanlarının geniş olduğunu belirtmekte ve bu alt yapıyı kullanarak Dinar belediyesine ait mezarlık bilgi sistemini geliştirmiştir.

Karadağ akıllı şehir kavramı üzerine bir değerlendirme yapmakta ve dünyada Singapur örneğini ele almaktadır [18]. Akıllı şehir yaklaşımının akıllı insanlar, akıllı ekonomi, akıllı hareketlilik, akıllı yönetim, akıllı çevre ve akıllı yaşam olmak üzere 6 alana ayrıldığını ifade etmektedir. Türkiye’nin 2023 hedefi açısından Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı, bir ilk olup ülkenin ileriye dönük akıllı çözümler üretilmesi noktasında temel olmaktadır. Bu hedeflerin gerçekleşmesinde yerel yönetimlerin

sınırlı projeler uygulayabildiği, çalışmaların bütünsel olarak gerçekleşebilmesi için merkezi hükümet tarafından desteklenmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Güngör akıllı şehir otopark sistemlerinde NFC (Yakın Alan İletişimi) kartların ödeme aracı olarak kullanılmasını ve güvenlik altyapısını ele almaktadır [30]. NFC kart türleri ve kullanım alanları üzerinde durmakta ve bu konudaki literatüre değinmektedir. Akıllı şehir boyutunda akıllı kartların birçok ülkede örnekleri olduğu gibi akıllı kartların yüksek güvenliqli, kullanımını kolay olduğundan başta ulaşımda toplu taşıma [31] olmak üzere birçok alanda kullanıldığını bu nedenle güvenli ödemeyle otopark sistemlerinde de kullanılması gerektiğini ifade etmektedir.

Ulusoy akıllı şehir kavramı ve bileşenleri olan akıllı ulaşım, akıllı teknoloji, akıllı altyapı, akıllı bina, akıllı sağlık, akıllı vatandaş, akıllı yönetim kavramlarını ayrı ayrı incelemektedir [32]. Dünya genelinde akıllı şehir kavramına çözümler getirmeye ve bu kavram çerçevesinde birçok şehirde uygulanmaya hız verildiğine değinmektedir.

## 2. NESNELERİN İNTERNETİ

IoT tanımı farklı kaynaklarda değişik tanımlamalara sahiptir. IoT sosyal, çevresel ve kullanıcı bağlamında bağlantı kurarak iletişime geçmek isteyen ve akıllı ortamlarda çalışan, kimliklere ve sanal kişiliğe sahip akıllı ara yüzleri olan nesnelere [33] şeklinde tanımlanabilmektedir.

İnternet aracılığıyla birbirine bağlı günlük hayatta kullandığımız nesnelere birbirleriyle ve diğer nesnelere tamamen senkronizasyon halindeyken veri alışverişi yapabilmesine imkan vermesi denilmektedir [34], [35], [36].

Günümüzde elektrikli cihazlardan, giyilebilir cihazlara, yeni mobil teknolojilerden, akıllı ev sistemlerine, otomobillere kadar birçok alanda artık IoT teknolojisinin kullanımı görmek mümkün olmaktadır. Çevremizde kullandığımız birçok nesnede elektronik devre kullanımı giderek artmaktadır. Bu devre sistemleriyle nesnelere çalıştırmak ve kontrol etmek için internet veya başka haberleşme teknolojilerini kullanarak bu nesnelere birbiriyle haberleşterek etkileşmelerini sağladığımız ağ yapısına IoT diye biliriz.

Bu ağ sistemini oluşturan elektronik cihazları birbirine bağlayan elektronik şebekeler, mikro denetleyiciler ve mikroişlemciler, kablosuz iletişimi sağlayan alıcı-verici antenler gibi tüm bileşenler IoT'nin bir parçasını oluşturmaktadır. Aslında bu cihazların sadece internet ile birbirlerine bağlanmasına gerek yoktur. RFID (radyo frekansı ile tanımlama), ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi, LoRa ve benzeri diğer ağlarda veya başka haberleşme teknolojileriyle de bağlantı sağlanabilmektedir.

Sistemin akıllı hale gelebilmesi için nesnelere birbirine bağlamanın yanında, ağa bağlı cihazlardan veya algılayıcılardan, alınan verilerin bir yerde depolanması gerekmektedir. IoT'nin ana hedefi, büyük veri adı verilen ham verilerin doğru bir şekilde işlenerek kullanılabilir hale getirmek ve elde edilen sonuçlarla insan yaşamını kolaylaştırmayı ve insanlar için verimliliği sağlamaktır [37].

## 2.1. IoT Mimarisi

IoT teknolojisini geliştirmek amacıyla birçok firma bu konuda yatırımlar yapmakta ve yeni gelişmelere de destek vermektedir. Industrial Internet Consortium (IIC) organizasyonu AT&T, Cisco, GE, IBM ve Intel gibi kuruluşların desteğiyle kurulmuştur. Amacı dönüşümlü sonuçlar elde etmek için dünyadaki sistemlerin ve cihazların güvenli bir şekilde bağlanıp kontrol edildiği güvenilir bir IoT sunmaktır [38]. AllSenn Alliance kuruluşu ise 2013 yılında kurulmuştur. Bu kuruluş ise birbirlerine bağlı akıllı cihazların markası, modeli, işletim sistemi ve altyapısı gibi farklılıkları dikkate almadan her türlü nesnenin birlikte çalışabilmesi üzerine çalışmalarda bulunmaktadır. Cisco, IBM, Intel gibi teknoloji devleri IoT teknolojisi alanında birçok ürün geliştirmiştir [39].

Nesnelerin İnterneti, çoğu kez müdahale edilemeyen, şeffaf ve görünmez olan birbirine bağlı akıllı aygıtların ve algılayıcıların sayısını arttırmaktadır. Bu cihazlar arasındaki iletişimden ziyade, her zaman her yerden ilgili servisler arasında iletişimin olması ve bu iletişimin genellikle kablosuz ve otonom olması beklenmektedir. Bu karmaşıklığı yönetmek ve AllSenn Alliance kuruluşun desteklediği gibi farklı firmaların oluşturduğu IoT cihazların koordineli olarak çalışabilmesi için standart bir IoT ağ mimarisi [40] olması gerekmektedir. Bu konuda bir standart mimari olmamakla beraber bu konuda çalışmalar yapılmaktadır. [39]'de yazar bu konuda yeni bir mimari önermekte ve farklı mimari tasarımlarını karşılaştırmaktadır.

Genel olarak örnek bir IoT mimarisi [41]'de aşağıdaki katmanlardan oluşmaktadır.

### 2.1.1. Algılama katmanı

Algı katmanı, farklı tipteki algılayıcılardan (RFID, Zigbee, NFC, QR kodu, Kızılttesi, vb.) ve çevresel elemanlardan oluşan OSI modelindeki fiziksel katmana benzemektedir.

Bu katman genellikle, her bir algılayıcı aygıtın tipine göre belirli bilgilerin tanımlanması ve bu aygıt tarafından bilgilerin toplanması, aygıt yönetimi gibi işlemleri yapmaktadır. Toplanan veriler konum, rüzgâr hızı, titreşim, pH seviyesi, nem,

havadaki toz miktarı vb. olabilmektedir. Bu toplanan veriler, ağ katmanı aracılığıyla merkezi bilgi işlem birimine güvenli bir şekilde iletilmektedir.

### **2.1.2. Ağ katmanı**

Ağ katmanı, algılayıcı cihazlarından gizli bilgileri algılayıcı cihazlarının tipine bağlı olarak 3G, 4G, UMTS, Wi-Fi, WiMAX, RFID, Kızılötesi, Uydu vb. aracılığıyla güvenli bir şekilde merkezi işlem birimine aktarılmasında ve saklamasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu katman, bilgiyi algı katmanından üst katmana aktarmaktan sorumludur.

### **2.1.3. Middleware (ara katman)**

IoT sistemindeki cihazlar, bağlandıklarında ve başkalarıyla iletişim kurduklarında çeşitli servisler oluşturabilirler. Ara katman oluşan servisi yönetmek ve alt katman bilgisini veri tabanına depolamak gibi iki temel görevi vardır. Bu katmanın algılanan verileri alma, bunları işleme, hesaplama ve hesaplama sonuçlarına göre yapılacak işlemlere otomatik olarak karar verme yeteneğine sahiptir [13].

### **2.1.4. Uygulama katmanı**

Uygulama katmanı, ara katmanda işlenmiş verilere dayalı kapsamlı uygulama yönetiminden sorumludur. IoT uygulamaları akıllı posta, akıllı sağlık, akıllı araba, akıllı gözlük, akıllı ev, akıllı bağımsız yaşam, akıllı ulaşım vb. alanlarında karşımıza çıkmaktadır.

### **2.1.5. İş katmanı**

Bu katmanın işlevleri, IoT uygulamaları ile hizmet yönetiminin tamamını kapsamaktadır. Alt katmandan alınan doğru verilerin miktarına ve etkili veri analiz sürecine dayalı olarak pratik grafikler, iş modelleri, akış şeması, yönetici raporları vb. oluşturabilmektedir. Bu sonuçlara göre stratejiler ve yol haritaları belirlenebilmektedir.

## 2.2. IoT Uygulama Alanları

Nesneler ile kastedilenin aslında hayatımızdaki her şey demek yanlış olmaz. Bu yüzden IoT'nin uygulama alanlarından bahsederken bir değişken olarak kabul edilebilen süreçler, veriler, insanlar, hayvanlar ve atmosferik olgulardan [42] bir sistem elde edilmesi ve bu sistemdeki her nesnenin IoT teknolojisiyle donatılmasından bahsedebiliriz. IoT geliştikçe beraberinde birçok uygulama alanını da etkilemektedir.

IoT uygulama alanları, üretilen verinin etkisinin büyüklüğüne göre kategorize edildiği nesnelerin birbirine bağlanma şeması Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Kullanıcılar, geniş kapsamlı sorunları ele alan bireylerden ulusal düzeydeki organizasyonlara kadar uzanabilmektedir [43].



Şekil 2.1. Veri tabanlı son kullanıcılar ve uygulama alanlarını gösteren IoT şeması

Uygulamalar, ağ kullanılabilirliği, kapsam, ölçek, heterojenlik, tekrarlanabilirlik, kullanıcı katılımı ve etki türüne göre sınıflandırılmaktadır [44]. Şekil 2.1'de gösterildiği üzere [43]'de yazar IoT uygulamalarını dört kategoride incelemektedir.



### **2.2.1. Kişisel ve ev IoT hizmetleri**

Algılayıcı tarafından toplanan verileri, sadece ağa sahip kişiler tarafından kullanılabilir. Sağlık, güvenlik, eğlence, eğitim [45], [46], faydalı cihaz ve programlar gibi alanda yapılan uygulamalar bu kategoriye girmektedir. Sağlık hizmetleri alanlarında nesnelere ve kişilerin takibi, kişilerin kimlikleri ve kimlik doğrulaması, verileri otomatik toplama ve algılama gibi işlemler yapılmaktadır [47].

Kişisel vücut alan ağlarıyla yaşlı bakımı ve tansiyon, kanser, şeker, kalp hastalıkları gibi uzun süreli hastalar için bir ev izleme sistemi oluşturulabilmektedir [48], [49]. Bu izleme sistemiyle doktorun hastalarını ve yaşlıları evlerinde izleyebilmesine imkân verecektir. Acil bir durumda doktor erken müdahale ile hastayı tedavi edecek ve hastanın hayatını kurtarmakla birlikte hastanede yatma maliyetlerini de azaltmasına yardımcı olacaktır.

Klimalar, buzdolapları, çamaşır makineleri gibi birçok mekanik, elektrikli ya da elektronik ev cihazları nesnelere interneti aracılığıyla kontrol edilebilmesiyle iyi bir enerji yönetimine imkân verecektir.

### **2.2.2. Topluluk IoT hizmetleri**

Bir çalışma ortamındaki “Nesneler Ağı” na, topluluk temelli IoT uygulama olarak değinebiliriz. Bu tür ağlardan toplanan bilgiler sadece sahipleri tarafından kullanılır ve veriler seçici olarak serbest bırakılmaktadır. Çevresel izleme, bina sakinlerinin sayısını takip etmek ve bina içindeki kamu hizmetlerini yönetmek için uygulanan ilk ortak uygulamadır (örn., HVAC, aydınlatma).

Algılayıcılar, güvenlik, otomasyon, iklim kontrolü vb. için her zaman fabrika kurulumunun ayrılmaz bir parçası olmuştur. Bu gerektiğinde kurulumda değişiklik yapma esnekliği veren bir kablosuz sistem ile değiştirilecektir. Bu, fabrika bakımına tahsis edilmiş bir IoT alt ağıdır[43].

### **2.2.3. Ulusal ve bölgesel IoT hizmetleri**

Bu uygulama alanındaki ağlardan gelen bilgiler, genellikle tüketici tüketimi yerine servis hizmeti için kullanılmaktadır. Bunlar, kritik araçları ve verimli kaynak

yönetimlerini izlemek için çok kapsamlı ağlardan (genellikle bölgesel ve ulusal ölçekte büyük organizasyonlar tarafından oluşturulmuş) oluşmaktadır. Kullanılan omurga ağı hücresel, WiFi ve uydu iletişimi arasında değişebilmektedir [43].

#### **2.2.4. Mobile (hareketli) IoT hizmetleri**

Akıllı ulaşım ve akıllı lojistik doğası nedeniyle veri paylaşımı ve gerekli omurga yapısı nedeniyle uygulamaları ayrı bir alanda ele alınmaktadır. Trafik gürültüsü, kentsel hava kalitesinin bozulmasının ve sera gazı emisyonlarının en önemli başlıca sebebi kentsel trafiktir. Trafik sıklığı çoğu şehirdeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri doğrudan etkilemekte ve önemli bazı maliyetleri de artırmaktadır. İşlemlerin tam zamanında yetiştirilmesi de dâhil olmak üzere, tedarik zinciri verimliliği ve üretkenliği bu tıkanıklıktan ciddi şekilde etkilenmekte taşıma gecikmeleri ve teslimat işlemleri başarısızlığa neden olmaktadır. Alınması amaçlanan dinamik trafik bilgisi, yük hareketini etkileyecek, daha iyi planlama ile gelişmiş zaman programlamasına izin verecektir. Transport (Taşıma) IoT ile seyahat süreleri, başlangıç ile varış noktaları arası güzergâh seçimi, kuyruk uzunlukları ve gürültü emisyonları gibi davranışların çevrimiçi izlenmesi için büyük ölçekli WSN'lerin kullanılmasını sağlayacaktır. IoT, mevcut trafik kontrol sistemlerinin kesişme noktalarında kullanılan endüktif döngü araç detektörlerinin mevcut algılayıcı ağların sağladığı trafik bilgisini değiştirebilmektedir. Ayrıca, planlama için senaryo tabanlı modellerin geliştirilmesinin yanı sıra kentsel trafik kontrolü için geliştirilmiş algoritmaların temelini oluşturacaktır. Kentsel trafik kontrol sisteminden toplanan bilgilerle birleştirildiğinde, konuyla alakalı trafik koşullarına ilişkin bilgiler yolcularla paylaşılabilir.

Bluetooth teknolojisi (BT) cihazlarının yaygınlığı, cep telefonları, arabada ellerin serbest bırakılması ile ilgili cihazlar, navigasyon sistemleri gibi birçok dijital üründe mevcut IoT etkisi görülmektedir. BT cihazları, kapsama alanı içinde BT algılayıcıları tarafından okunabilen benzersiz bir Medya Erişim Kimliği (MAC-ID) numarası ile sinyalleri yaymaktadır. Farklı yerlere yerleştirilmiş okuyucular, cihazların hareketlerini tanımlamak için kullanılabilir. Bu verilerin eksiklikleri trafik sinyalleri veya GPS veri yolu gibi diğer veri kaynakları ile tamamlandığında, tüm

yollardaki araç seyahat süresi [50], kritik kavşakların belirlenmesi, gerçek zamanlı ulaşım ağı durum bilgisi gibi araştırma sorunları ele alınabilecektir.

Whitmore ve arkadaşları IoT hakkındaki literatürü inceleyerek ve IoT'nin yayılımını engelleyen zorluklar ile gelecekte gelişimi ve yönelimleri üzerinde durarak araştırmacılara yardımcı olacak bir yazı ele almışlardır [51]. Bu yazıda IoT alanlarında yazılmış makaleleri 6 (altı) ana kategoriye ayırmaktadır. Bunlar: Teknoloji, uygulamalar, zorluklar, iş modelleri, gelecek yönelimler ve genel bakış/araştırmalar olarak belirtmektedirler.

IoT uygulama alanları yukarıda değindiğimiz üzere genel olarak kategorilere ayrılmakla beraber özele indirgediğimizde birçok kaynak hepsi birden olmasa da genel olarak aşağıdaki gibi sınıflamaktadır [13], [21], [52], [53], [54], [55].

#### 1) Akıllı Ev

Akıllı bir şehirdeki evler birçok algılayıcı ve akıllı cihazla donatılarak, cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, PC'ler, TV, hoparlörler, ev aletleri, fişler, güvenlik kameraları, ışıklar, termostatlar gibi birçok çeşitli akıllı ev uygulamasının yapılabilmesine imkân vermektedir.

#### 2) Akıllı Tarım

Gelişmiş IoT hizmetleri, çiftliklerin tescili / tadilat / kapanması, izlenmesi ve sağlık izinlerinin verilmesi için yönetimi hızlandırmaktadır. Akıllı sera [56] gibi uygulamalar yapılarak insan hatalarından kaynaklı ürün kaybının önüne geçilebilir ve ortam değişkenlerini kontrol altında tutarak daha kaliteli ürünler yetiştirilebilmektedir.

#### 3) Endüstriyel İşlemler

Endüstriyel IoT uygulamasının ilk önemli örneği lojistik ve tedarik zinciri [53], [57], [58] yönetimidir. RFID'ler nesnelere bağlanabilir ve giysiler, mobilyalar, ekipmanlar, yiyecek ve sıvılar gibi tüm malzeme ve ürünleri tanımlamak için kullanılabilir.

#### 4) Akıllı şehirler

Akıllı şehirlerde IoT senaryolarının kullanımına ilişkin [59]'da yazar bazı örnekler vermiştir:

- Trafik yoğunluğu hakkında veri toplama,
- Trafik ışıklarının trafik yoğunluğuna göre otomatik düzenlenmesi,
- Akıllı park yeri sistemleri, sürücüleri boş park yerine yönlendirebilir,
- Karbon ayak izinin azaltılması,
- Kamu güvenliği ve çevresel izleme,
- Mobil ödeme sistemleri sayesinde entegre park ödeme sistemleri (Apple Pay vb.)
- Turistik mirası hakkında gerçek zamanlı turistlere veri sağlamak için akıllı turizm faaliyetleri,
- Akıllı şehir enerji sistemleri [60]

#### 5) Akıllı Sağlık

Gelişmiş algılama cihazları, tıbbi parametrelerin ve hayati fonksiyonların (örneğin, sıcaklık, kan basıncı, kalp atış hızı, kolesterol seviyesi) gerçek zamanlı izlenmesini sağlamaktadır [61].

#### 6) Akıllı Su

Bu konuda yapılacak uygulamalarla barajların veya su havzalarının su seviyesi, su kirliliği gibi durumlar kontrol altına alınabilmektedir [53].

### **3. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR**

Kablosuz Algılayıcı Ağlar (WSN), çevresel bilgileri toplayabilen, toplanan verileri depolayan ve işleyebilen mekânsal olarak dağıtılmış bir dizi algılayıcıdan oluşmaktadır. Hemen hemen her ortamda, doğada ve ücra köşelerde kullanılabilir.

#### **3.1. Sensör (Algılayıcı)**

Sensör veya Türkçe terim karşılığı olarak algılayıcı diyebileceğimiz cihazlar, kendi ortamından sıcaklık, basınç gibi verileri toplayıp bir baz istasyonuna gönderebilen küçük bir elektronik cihazdır [62]. Toplanan veri tipi, uygulamanın ve algılayıcının türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Teknolojik gelişmelerle beraber düşük maliyetli, çok az güç tüketebilen, çok etmenli ve boyutları çok küçük olabilen algılama aygıtlarının üretilmesiyle donanımsal ve kablosuz sistemlerde kullanılmasına imkân sağlamıştır [63].

Bir algılayıcı,

- Mikro denetleyici, programlanabilir entegre devre,
- Radyo (alıcı- verici) anteni,
- Pil,
- Yakalama birimi, çevre bilgilerini (hareket, sıcaklık, nem, gaz vb.) yakalamakta kullanılan, dört bileşenden oluşmaktadır.

#### **3.2. Etmen Tabanlı Ağlar**

Algılama aygıtlarının birçoğunun kablosuz olarak geniş bir coğrafyaya gelişigüzel dağıtılmasıyla ad-hoc (dağıtılmış) denilen ağlar oluşturulmaktadır. Bu sistemi oluşturan her algılayıcı bir işbirliği halinde etmen tabanlı bir algılama ağı oluşturmaktadır.

Birden çok etmenin birbiri ile etkileşim içinde olduğu sistemler genelde Etmen-tabanlı sistemlerdir. Bu şekilde işbirliği halinde ve etkileşim içerisinde, bir problemi çözmek üzere bir araya gelen birden çok etmenin bir arada olduğu sistemler çok etmenli sistem (multi agent system) olarak isimlendirilmektedir [64], [65], [66].

### **3.3. Kablosuz Algılayıcı Ağların Sınırlılıkları**

Binlerce algılayıcı düğümüne kadar, çok-etmenli bir kablosuz algılayıcı ağın tasarımı ve yerleştirilmesi, bir alana rastgele dağıtımı,

- Kayıplı iletişim ortamı,
- Sınırlı pil gücü,
- Sınırlı işlemci birimi,
- Küçük bellek gibi nedenlerle farklı zorluklar yaşanabilmektedir.

Kablosuz algılayıcı ağdaki bir düğümün enerji tüketimi özellikle kullanım ömrü için sınırlayıcı bir faktördür [8].

Tüm bu sınırlamalardan dolayı bir WSN'nin uygulanması ve dağıtımı önemli harcamalar gerektirmekte bu nedenle tasarımın dağıtımı yapılmadan önce uygulamalar gerçek ortamdan ziyade sanal bir ortamda modellenmesi daha uygun olmaktadır.

Bu çalışmamızda da WSN'lerin ve akıllı şehir uygulamalarının tasarlanması ve bu uygulamaların benzetimlerinin rahatlıkla yapılabileceği CupCarbon simülatörü kullanılmaktadır.

### **3.4. Uygulama Alanları**

- Sağlık,
- Çevre,
- Tarım,
- Jeoloji,
- Askeri

### 3.5. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ve IoT

WSN'lerin, sıcaklık, nem, su seviyesi, basınç, yollardaki araç etkinliği, köprüler, tüneller ve binalar gibi yapılarda, sokaklarda ve yollardaki ceza gözetimi, birden fazla hastanın uzaktan sağlık izlemesi ve diğer birçok uygulamanın akıllıca izlenmesi için kullanılmaktadır [67].

WSN'lerin bu kadar çok yaygınlaşması ile bir caddede bile kanalizasyon suyunun izlenmesi, metan gazı ve diğer tehlikeli gazların izlenmesi gibi birçok uygulama yapılabilmektedir. Kanalizasyonların izlenmesi, felaket kurtarma stratejisi, altyapı izlenmesi ve cezai faaliyetlerin gözetimi için bir çözüm olarak [68]'de SewerSnort sistemini önermektedir. Bu sistem düşük maliyetli, insansız ve tam otomatik olarak çalışmaktadır.

Bu türden tehlikeli, ulaşılamaz yerlerde ve hayatımızdaki birçok nesnede kullanılması IoT ile ilişkisini ortaya koymaktadır. IoT tabanlı bu nesnelerin kablosuz olarak kullanılması zor ortamlardan verilerin alınmasına ortak bir düğümde karar vererek veya işlenmesi için merkeze iletilmesine imkân sağlamaktadır. Merkeze iletilen veriler analizi sonucunda yapılacak acil müdahalelerle olası tehlikelerin önüne geçilmektedir.

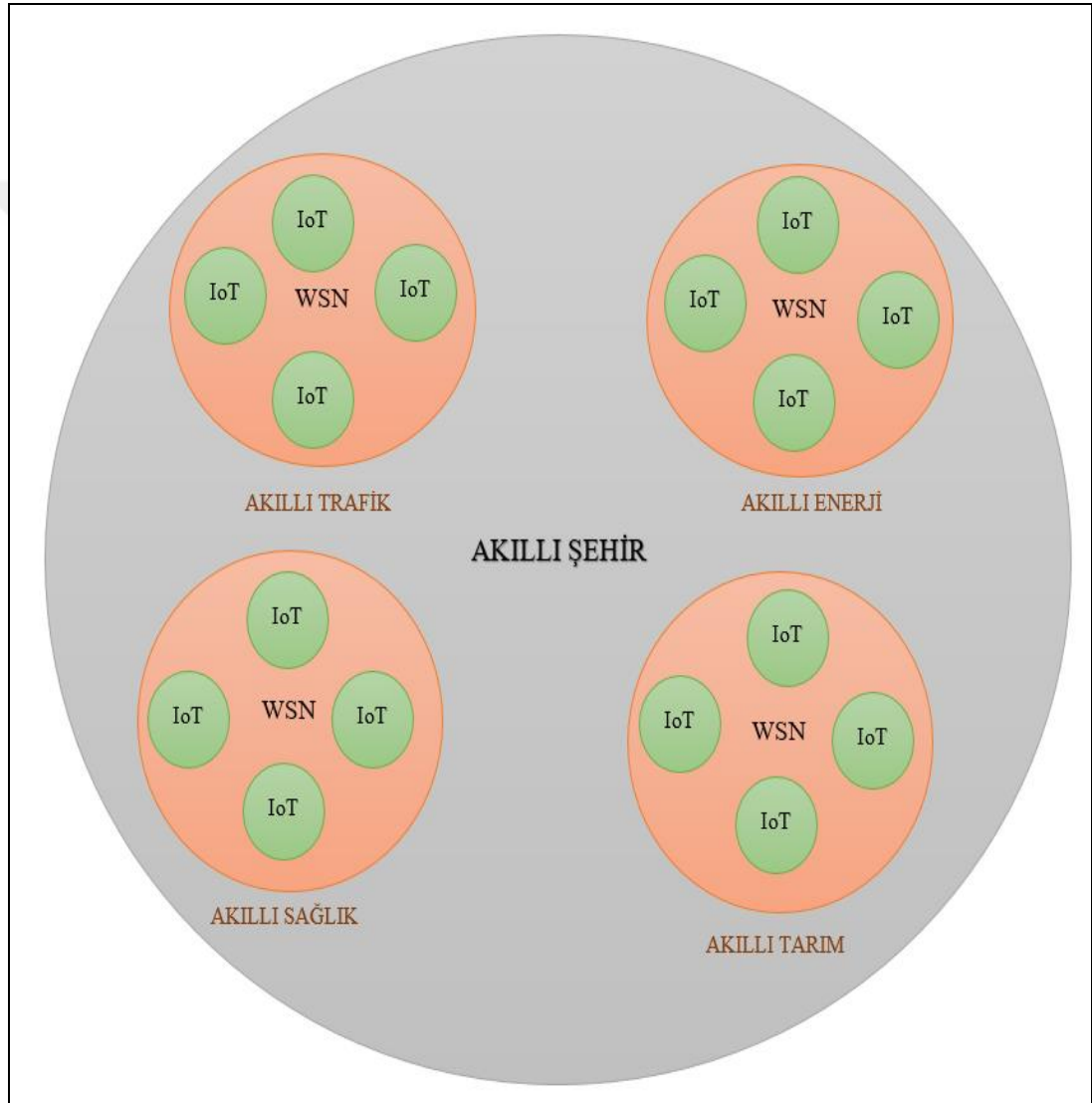
### 3.6. WSN ve Akıllı Şehirler

Yapılan uygulamalara baktığımızda aslında işe bir nesneden başlanmaktadır. Bu nesnelere dışarı ile iletişimi sağlamak amacıyla yeni yetenekler kazandırmak üzere nesnelere algılayıcılarla donatılmaktadır. Bu en küçük IoT uygulamasını veya düğümünü oluşturmaktadır. Bu düğümlerin bir amacı gerçekleştirmek üzere birlikte çalışması ve toplanan verilere göre karar vermek üzere bir kontrol merkezine yâda ortak düğüme yönlendirilmesi ve aradaki iletişimde kablosuz gerçekleşmesi ile oluşan sistemi WSN uygulaması ile ifade edebilmekteyiz.

Bu açıdan bakıldığında akıllı evlere, akıllı şebekelere, akıllı çevreye ve daha birçok alanda yapılan uygulamaların bir şehrin genel yapısını ve işleyişini etkilediği görülmektedir. Kısacası nesnenin akıllı olmasıyla büyük çaplı uygulamalar, bu uygulamaların büyük bir organizasyon etrafında akıllanmasıyla akıllı şehirler ortaya çıkmaktadır. Belki ilerde akıllı dünya ve akıllı gezegen diye bu şekilde ilerleyecektir.

Tüm konu geneline bakıldığında ister akıllı şehir uygulamaları olsun isterse WSN uygulamaları olsun hepsinin uygulama alanlarının yakın olduğu ve bazı noktalarda da iç içe geçtiği görülmektedir. Tüm bu alanlardaki uygulamaların temelini bir nesne olarak ifade edildiğinde IoT'nin uygulama alanlarını da oluşturduğu söylenebilmektedir.

Akıllı şehir, IoT ve WSN ilişkisi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. IoT, WSN ve Akıllı şehir ilişkisi



### **3.7. Kullanılan Kablosuz İletişim Protokolleri**

#### **3.7.1. IEEE 802.15.4 – Zigbee**

IEEE tarafından duyurulan IEEE 802.15.4 standardını temel alan Zigbee, kablosuz haberleşmede kullanılan yeni bir standarttır. Zigbee standardı ve geliştirilmesi için oluşturulan birlikteliğe yaklaşık 200 firma destek verilmektedir. IEEE 802.15.4 standardı, Zigbee protokol kümesi için fiziksel katman, ortam erişim katmanı, uygulama katmanı ve ağ katmanı olmak üzere dört katman sağlamaktadır.

Zigbee standardında ki aygıtların haberleşme mesafesi duruma göre 100 m'ye kadar çıkabilmektedir. Ev ve işyeri otomasyonlarında, endüstriyel sistemlerde, oyuncak ve eğlence alanlarında ve tıbbi cihazlar gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Zigbee teknolojisi, küçük boyutta veri alışverişi ile gerçekleştirilebilecek uygulamalarda düşük maliyetli olması, minimum güç tüketme prensibine sahip olması, kurulumunun kolay ve esnek yapıda olması açısından büyük oranda tercih edilmektedir.

ZigBee'nin önemli özellikleri:

- Güvenilirlik,
- Fazla sayıda düğüm desteği,
- Hızlı ve kolay kurulum,
- Uzun pil ömrü,
- Güvenlik,
- Düşük maliyet,
- Üretici/sağlayıcı bağımsızlığı,

#### **3.7.2. WiFi**

WiFi teknolojisi IEEE 802.11x kablosuz ağ standartlarını çalışmaktadır. WiFi kişisel bilgisayar, video oyunu konsolları, dijital ses oynatıcıları ve akıllı telefonlar gibi cihazları kablosuz olarak internete bağlanmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji 2.4 GHz, 3.6 GHz ve 5 GHz frekans bantlarını kablosuz yerel alan ağları için kullanmaktadır.

### 3.7.3. LoRa

IoT gelişmesiyle verilerin uzak mesafelere güvenilir bir şekilde ve düşük güç tüketimiyle aktarılması önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Düşük bit oranlarındaki verinin uzun mesafelere düşük güç tüketimiyle aktarımını sağlayan kablosuz haberleşme teknolojilerinin ortaya çıkmıştır. LoRa, Long Range (Uzun Mesafe) bu teknolojiler arasında en fazla yaygınlık kazanmıştır. WiFi ve kablolu haberleşme gibi teknolojilere göre radyo frekanslarını kullanarak çok daha uzun mesafede iletişim sağlayabilen bir modülasyon tekniğidir. WiFi teknolojisindeki mesafe sınırlaması, hücresel haberleşmenin maliyetleri ve yüksek enerji kullanımı gibi temel eksiklikleri LoRa teknolojisiyle giderilmiştir. LoRa haberleşme teknolojisinin diğer kablosuz haberleşme teknolojilerine kıyasla en büyük avantajı, geniş mesafeye düşük maliyetle erişim imkânı sağlamasıdır.

## 4. CUPCARBON SİMÜLATÖRÜ

Bu bölümde coğrafi konuma dayalı çok etmenli ve ayrık olaylı akıllı şehirlerin kablosuz algılayıcı ağ modellenmesinde kullanılan CupCarbon ağ simülatörü üzerinde durulmaktadır.

### 4.1. Simülatörün Amacı

Amacı, çevresel izleme, veri toplama vb. için dağıtılan algoritmaların tasarımını [69], görselleştirilmesini ve doğrulanmasını sağlamak, oluşan hataları ayıklamaktır. Genellikle yangınlar, gazlar ve hareketli nesnelere gibi çevresel senaryoları oluşturmak, eğitimsel ve bilimsel projelerde kullanılmaktadır. CupCarbon'un ana hedefleri hem eğitim hem de bilimdir. Eğiticilere temel kavramları öğretmek ve algılayıcı ağlarının nasıl çalıştıklarını açıklamaya yardımcı olmaktır. Bilim insanlarının kablosuz ağ topolojilerini [70], protokollerini [71] vb. test etmelerine imkân vermektedir.

CupCarbon simülasyonu, düğümlerin uygulama katmanını temel almaktadır. Bu, onu mevcut simülatörlerin gerçek bir tamamlayıcısı yapmaktadır. Bina, yol, hareketlilik, sinyaller gibi diğer karmaşık ve kaynak tüketen bilgileri dâhil etmek zorunda olan kentsel ağlar, karmaşık doğası nedeniyle tüm protokol katmanlarını simüle etmez.

Enerji tüketimi, simüle edilen zamanın bir fonksiyonu olarak hesaplanıp görüntülenebilmektedir. Bu, gerçek dağıtımdan önce bir ağın yapısını, fizibilitesini ve gerçekçi uygulanmasını açıklığa kavuşturmaya olanak tanımaktadır. Yayılma görünürlüğü [72] ve girişim modelleri [73] entegre edilmiştir ve ZigBee, LoRa ve WiFi ağ protokollerini içermektedir [74].

Bu bölümde bu ağ simülatörünün temel özelliklerini ve fonksiyonlarını, grafiksel kullanıcı arayüzü gibi yapısı tanıtıldıktan sonra akabinde yapılan örnek kod bloklarına ve bazı uygulamalara değinilecektir.

## 4.2. CupCarbon Simulator Yapısı

Dünya çapındaki harita projesi olan OpenStreetMap (OSM) çerçevesini kullanan CupCarbon simülatörü java ile geliştirilmiş açık kaynak kodludur. OpenStreetMap'in dijital, ergonomik ve kullanımı kolay coğrafi arayüzü üzerindeki algılayıcı ağlarının modellenmesini ve benzetimini yapmak için basit bir grafik kullanıcı arabirimi sunmaktadır.

CupCarbon bize iki simülasyon ortamı sunmaktadır. İlk simülasyon ortamı, hareketlilik senaryolarının tasarlanmasını, yangınlar ve gazlar gibi doğal olayların üretilmesini, araçların ve uçan nesnelerin (örneğin İHA'lar, böcekler, vb.) simülasyonunu mümkün kılmaktadır. İkinci simülasyon ortamı, ilk ortam temelinde tasarlanan senaryoyu dikkate alarak kablosuz algılayıcı ağlarının ayrık olaylarının simülasyonunu temsil etmektedir [75].

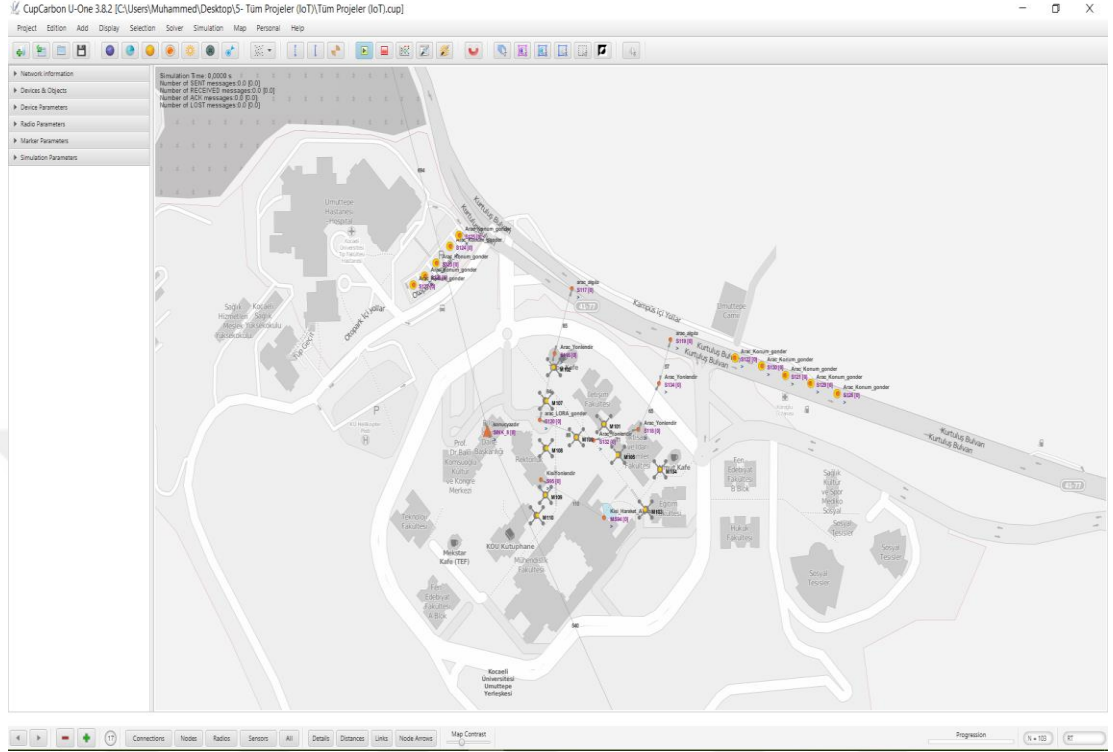
CupCarbon, 3 (üç) boyutlu bir kentsel ortamda sinyallerin yayılımını ve parazitlerin doğru bir simülasyonu için algoritmalar geliştirmeyi amaçlayan ANR projesi PERSEPTEUR'un ana çekirdeğini temsil etmektedir [75], [76], [77], [78].

Simülatör etmenlerin ve olayların paralelliklerinden [79] yararlanarak, simülasyon süresinin daha iyi optimizasyonunu için çok etmenli sistemler kullanılmasına olanak tanımaktadır. CupCarbon simülatörünü genel olarak çok etmenli simülasyon ortamı ve WSN simülatörü şeklinde iki ana bileşene sınıflandırabiliriz [80].

### 4.2.1. Çok etmenli simülasyon ortamı

Yapılan uygulamaların benzetimlerinin yapılması, çeşitli olayları ve bu olayların zaman içindeki değişikliklerini izlemeye olanak sağlayan çok etmenli bir simülasyon için bir ortam sağlamaktadır. Çok etmenli bir sistemin kullanılmasının amacı, gerçek dünya sistemine benzer bir ortamın oluşturulmaya çalışılmasıdır. Bu sistemde yer alan her nesnenin, aynı ortamda bulunan diğer nesnelerle iletişim kurarken özerk olarak çalışmasına imkân sağlamaktadır. OpenStreetMap'in bu ortama entegrasyon edilmesinin amacı yollar, binaların konumu vb. gibi coğrafi konumla ilgili sayısallaştırılmış verilerin kullanılması için bir arabirim ve bir veri tabanı oluşturulmasına imkan vermesidir. Genel olarak Şekil 4.1'de çok etmenli bir

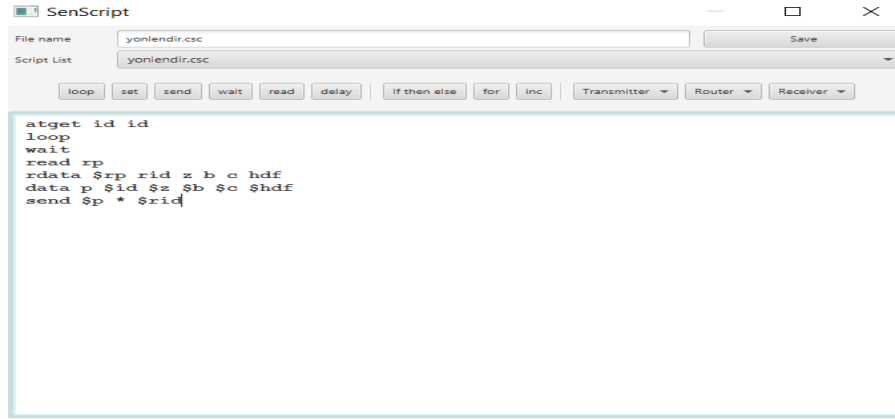
CupCarbon simülasyon ortamı gösterilmektedir. Bu ortamda yer alan her bir nesneye ileri ki bölümlerde değinilecektir.



Şekil 4.1. Çok etmenli bir sümülasyon ortam örneği

CupCarbon, kullanımı kolay ve yapılandırılabilir nesnelere oluşmaktadır. Tasarımda kullanılacak her bir algılayıcı düğümünü ayrı ayrı programlamak ve yapılandırmak için CupCarbon için özel olarak tasarlanmış SenScript adı verilen bir betik dili içermektedir.

Şekil 4.2’de SenScript komut dosyasının bir örneği verilmiştir. Simülatörde uygulama geliştirilirken sistemi oluşturulan her etmen ayrı ayrı programlanabilmekte ve böylelikle sistemi oluşturan her etmen işbirliği halinde iletişime geçebilmek için programlanan komut dosyasına bağlanabilmektedir. Bir komut dosyası her etmenin komşusuyla ve çevresiyle nasıl iletişime geçeceğini belirlemektedir. Simülasyon sırasında bir algılayıcı tarafından gerçekleştirilecek tüm ana eylemleri içermektedir [80].



Şekil 4.2. SenScript betiği kullanılarak oluşturulan komut dosyası

#### 4.2.2. WSN simülatörü (WiSeN)

WiSeN, algılayıcılarla ilgili olayların (gönderim, alma, bekleme vb.) benzetimini yapmak için CupCarbon'un çekirdeğini temsil eden modülün ismine denilmektedir. Sistemdeki her cismin durumunun gelişimini (enerji, pozisyon, vb.) destekleyip yönetmektedir [76]. Çok etmenli bir ortamın uygulanması, her bir etmenin bağımsız ve paralel olarak yürütülmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla bir uygulamaya hareket özelliklerini ve hedefin tespitini eklemek mümkün olabilmektedir.

Daha önce belirtildiği üzere her etmen için oluşturulan komut dosyalarına göre olaylar üretilmektedir. Simülatör, etmenlerin oluşturduğu olayları oluşma tarihlerine göre düzenlemekte ve olayları aynı sırayla yürütmekte ve etmenlerin durumlarını (enerji, konum vb.) buna göre güncellemektedir.

Sunulan bu araç iki tür simülasyon çalıştırabilmektedir. Birincisi çok etmenli simülasyonu, her algılayıcının bağımsız olması için algılayıcı davranışlarını paralel hale getirmekte kullanılmaktadır. İkincisi ayrık olay simülasyonu, etmenler ve özellikle algılayıcılar arasındaki iletişimi simüle etmekte kullanılmaktadır [76].

#### 4.2.3. Dosya yapısı

Bir proje oluşturmak için Project menüsünden yeni bir proje oluşturup bir isim verilir. Proje oluşturduktan sonra projenin\_ismi.cup uzantılı bir dosya ile 9 tane klasör oluşmaktadır. Bunlar:

config: Simülasyon parametreleri dosyası, yapı listesi dosyası, işaretçi listesi dosyası ve sensör düğümlerinin listesini içeren (sensör düğümüne göre bir dosya) iki tane dosya (sensor ve sensor\_radios) ve her sensörün radyo modüllerinin listesini içerir.

gps: Rotaların listesini içerir.

Logs: Günlük dosyasını içerir.

Results: Simülasyon sonuçlarını içeren (bir csv dosyası)

Scripts: Projenin SenScript dosyalarını içerir.

Natevents: Doğal olay dosyalarını içerir.

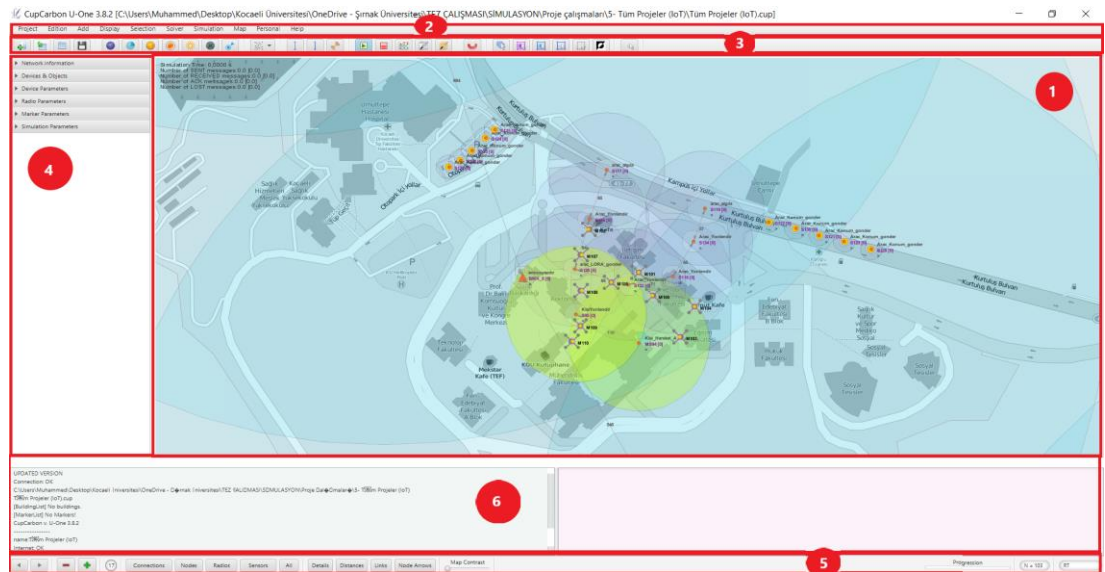
Tmp ve network: Simülatör tarafından kullanılır.

Xbee: Arduino için kod oluştururken bu dosya kullanılır.

### 4.3. CupCarbon Kullanıcı Arayüzü

Şekil 4.3'te gösterildiği gibi CupCarbon kullanıcı arayüzü 6 (altı) ana bölümden oluşmaktadır.

- 1) Harita (Ortada)
- 2) Menü çubuğu (üstte)
- 3) Araç çubuğu (menü aşağısında)
- 4) Parametre Menüsü (solda)
- 5) Durum çubuğu (altta)
- 6) Konsol



Şekil 4.3. CupCarbon kullanıcı arayüzü

Harita bölümünün en ilginç özelliği Google haritalarının farklı türlerini ve farklı ortam seçeneği sunmaktadır.

#### 4.4. CupCarbondaki Algılayıcı Çeşitleri

CupCarbon'un ana nesnesi olan bir düğüm; radyo modülleri, bir algılama ünitesi ve bir bataryadan oluşmaktadır. Farklı algılayıcı çeşitleri de bulunmaktadır. Bunlar;

- Algılayıcı Düğümleri: Herhangi bir dijital olayı tespit edebilen, veri gönderip alabilen bir nesne olup mobil yani hareket halinde olabilmektedir. Bir algılayıcı düğümünün özellikleri parametre menüsünde değiştirilebilmektedir.
- Ortam Algılayıcı Düğümleri:
- Baz İstasyonu (Sink):
- Gazlar: Sıcaklık, nem, gaz vb. gibi çevre parametrelerini simüle etmek için analog olayları üretmekte kullanılmaktadır. Bu nesne, istenilen değerlere sahip dosyaları oluşturmak için Doğal Olay Oluşturucusu penceresinin kullanılması gerekmektedir. Temel olarak, üretilen değerler Gauss dağılımına dayanmaktadır. Bununla birlikte, mevcut, gerçek veya olmayan bir veri dosyası eklemekte mümkündür [75].
- Mobil: Cep telefonlarını simüle etmek için kullanılmaktadır. Her mobilin kendi rotası olmalıdır. Dijital olayları üretmek için de kullanılmaktadır.
- İşaretçiler: Temel olarak mobil cihazlara yollar oluşturmak, algılayıcı düğümleri oluşturmak, yeni binalar oluşturmak ve bina üretme alanını veya rastgele algılayıcı düğümlerini belirtmek için kullanılabilir.

Tüm bu nesnelerin radyo parametreleri bölümünde ZigBee, LoRa ve WiFi gibi farklı ağ protokollerini simüle edilebilmekte ve bunlarla ilgili özellikler değiştirilebilmektedir. Bir algılayıcı düğüm farklı veya aynı standarda sahip birden fazla ağ protokolü içerebilmektedir.

#### 4.5. CupCarbon ile Uygulama Tasarımı

Bu başlık altında CupCarbon simülatöründe bir uygulamanın nasıl tasarlanacağına adım adım değinilecektir. Uygulamamızda mobil halindeki bir algılayıcının istediğimiz bir algılayıcının kapsama alanına girdiğinde algılama gerçekleştiği bilgisini yönlendirici vasıtasıyla baz istasyonuna göndermektir.



Adım 1: Menü çubuğundan Proje (Project) >>Yeni Proje (New Project) yolunu veya araç çubukları menüsünden Yeni Proje kısayol tuşuna basılır. Karşımıza çıkan pencereden projeye bir isim verilerek <Algılandı bilgisi gönderme> uygun bir yere kaydedilir. Proje ismiyle bir klasör oluşur ve bu klasör içerisinde daha önce 4.2.3 dosya yapısı alt başlığında değinilen dosyalar oluşur.

Adım 2: Menü çubuğundan Harita (Map) menüsü altındaki haritalardan bir tanesi seçilir. Bu uygulamada harita olarak Standard 1 seçilmiştir.

Adım 3: Haritaya ihtiyaç duyulan algılayıcılar menü çubuğundan Ekle (Add) menüsünden eklenebildiği gibi araç çubuğundan da yerleştirilebilir. Algılayıcı çeşitlerine 4.4 başlığında değinilmiştir.

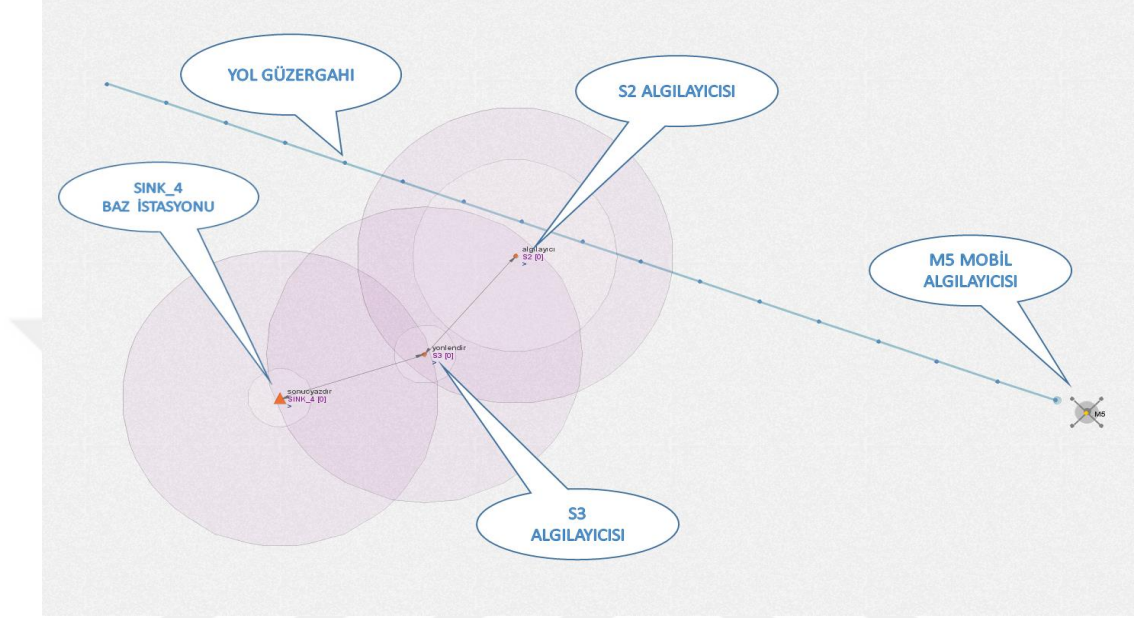
Adım 4: Bu uygulamamız için S2 ve S3 isimli iki tane normal algılayıcı türü, M5 isimli bir tane mobil ve SINK\_4 isimli bir tane de baz istasyonu eklenmiştir. Algılayıcı olarak ayarlanacak olan algılayıcının, mobilin uzun süre kapsama alanından çıkmaması için shift tuşu basılıyken ‘)’ tuşuna basılarak algılayıcının kapsama alanı genişletilir.

Adım 5: Mobilin hareket edeceği güzergâhı çizmek için mobilin başlayacağı yere bir işaretçi hareketi bitireceği yere de bir işaretçi yerleştirilir. İki işaretçi arasına da istediğimiz sayıda işaretçi eklemek için başlangıç ve bitiş işaretçileri seçildikten sonra Parametre Menüsü>>İşaretçi Parametreleri (Marker Parameters)>>İşaretçi Ekle (Insert Markers) istenilen işaretçi kadar basılır ya da iki işaretçi seçili iken istenen sayıda ‘U’ tuşuna basılır. Rota için son olarak Parametre Menüsü>>İşaretçi Parametreleri (Marker Parameters) menüsünden rotaya bir isim verildikten sonra rota kaydedilir.

Adım 6: S2 ve S3 algılayıcıları, SINK\_4 baz istasyonu, M5 mobil algılayıcı ve M5 mobil algılayıcısının hareket edeceği rota çizilerek Şekil 4.4’te gösterildiği gibi haritaya yerleştirilerek tasarlanmıştır.

Adım 7: Bu uygulamada algılayıcıların yapacağı işlemler için algılayıcı.csc, yonlendir.csc ve sonucyazdır.csc adında senscript dili ile yazılmış üç tane kod dosyası oluşturulmuştur. Kodların yazılması için menü çubuğu>>Benzetim (Simulation) yolu

izlenerek veya araç çubukları menüsünden Senscript Penceresi (Senscript Window) tıklanarak kod penceresi açılmaktadır. Açılan pencerede kod dosyasına bir isim verilir. Şekil 4.5'te sözde kodu yazılmış olan bölüme kodlar yazılabildiği gibi kısa yolları verilmiş bazı kod bloklarına ait butonlara tıklanarak da kodlar yazılabilmektedir.



Şekil 4.4. Uygulamanın başlangıç tasarımı bekleme durumunda

Adım 8: Tüm algılayıcılara ait parametreler ihtiyaca göre parametre menüsünden değiştirilmektedir. Parametresini değiştirmek istediğimiz nesneyi seçtikten sonra parametre menüsünde ilgi alanlara ait parametreler değiştirilir.

```
//algılayıcı.csc
//simülasyon süresince "Dön"
//dijital algılayıcı değeri "Oku"
//okunan değer "eğer" 1'e eşitse
//Bir değerlerini "yayın yap"
//okunan değer "eğer" 1'e eşit değilse
//Sıfır değerlerini "yayın yap"
//şart koşulunu "bitir"
// bir dakika "bekle"
```

Şekil 4.5. Kod penceresi örneği

Adım 9: S2 algılayıcısı seçildikten sonra parametre menüsü>>Cihaz Parametreleri (Device Parameters) bölümüne gelinerek Script file kısmından algılama işi için oluşturulan algılayıcı.csc dosyası seçilerek yanındaki ok tuşuna basılmaktadır. S3 algılayıcısı için yönlendir.csc ve SINK\_4 baz istasyonu için sonucyazdır.csc dosyalarına aynı işlem uygulanmaktadır. Kodlar bir text editöründe yazıldıktan sonra csc uzantısı ile kayıt edilmesi de mümkün olmaktadır. Bu uygulama için oluşturulan tüm kod dosyalarına ait sözde kod blokları Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Gerçek kodlar Ek-A’da verilmektedir.

Adım 10: M5 işaretçisine rota atanması için parametre menüsü>>Cihaz Parametreleri (Device Parameters) bölümüne gelinerek GPS file kısmından kaydedilen rota dosyası seçildikten sonra yanındaki ok tuşuna basılarak işaretçiye rota atanmaktadır. Çalıştırma anında hareketin olması için parametre menüsü>>Benzetim Parametreleri (Simulation Parameters) bölümüne gelinerek Mobility/Events butonunun çentiğinin aktif olması gerekmektedir.

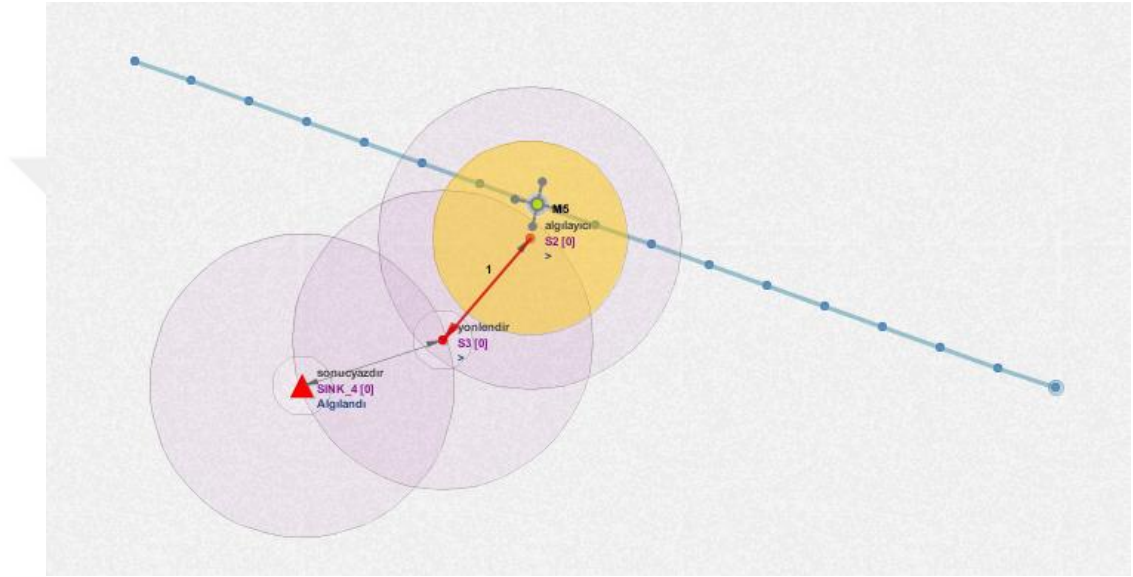
```
//algılayıcı.csc
//Simülasyon süresince “Dön”
//Dijital algılayıcı değeri “Oku”
//Okunan değer “eğer” 1’e eşitse
//Bir değerlerini “yayın yap”
//okunan değer “eğer” 1’e eşit değilse
//Sıfır değerlerini “yayın yap”
//Şart koşulunu “bitir”
//Bir dakika “bekle”

//yonlendir.csc
//Simülasyon süresince “Dön”
//Bir değer algılayana kadar “Bekle”
//Algılanan değeri “Oku”
//Okunan değerleri “yayın yap”

//sonucyazdır.csc
//Simülasyon süresince “Dön”
//Bir değer algılayana kadar “Bekle”
//Algılanan değeri “Oku”
//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”
//Okunan değer “eğer” 1’e eşitse
//“Algılandı” mesajını “yaz”
//Okunan değer “eğer” 1’e eşit değilse
//“Beklemede” mesajını “yaz”
//Şart koşulunu “bitir”
```

Şekil 4.6. Uygulamada kullanılan Senscript diline ait sözde kodlar

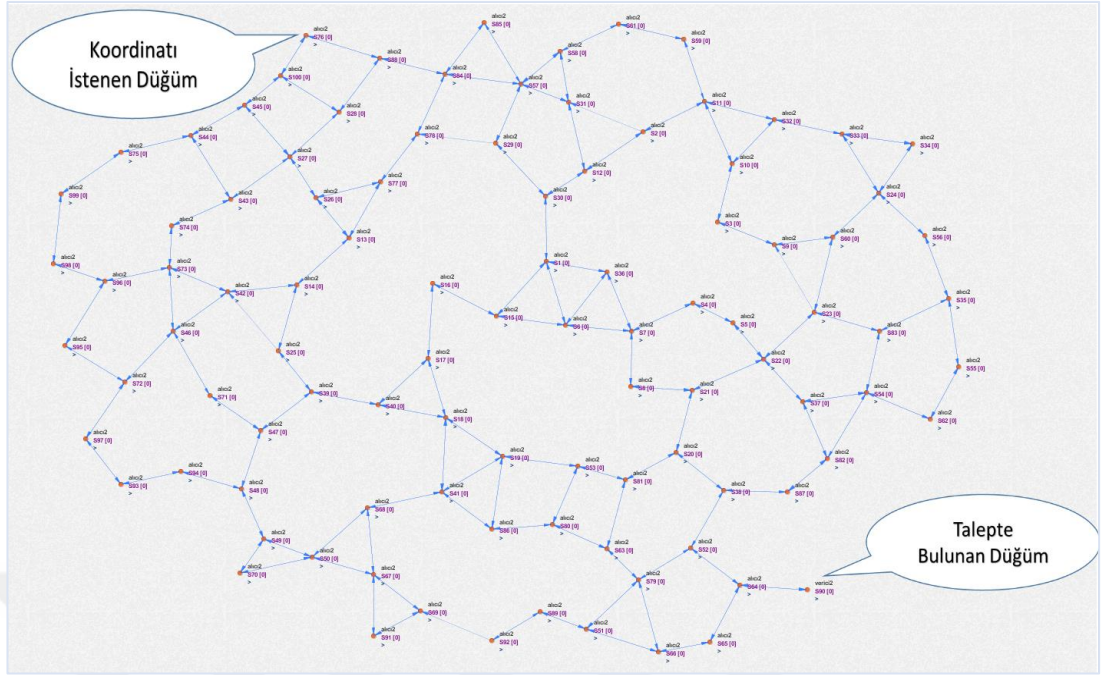
Adım 11: Şekil 4.7’te gösterildiği üzere uygulama çalıştırıldığında hareket halindeki M5 mobil S2 algılayıcısının kapsama alanında olduğu müddetçe her dakikada bir S3 yönlendiricisine 1 değeri göndermekte diğer durumlarda yönlendiriciye dakikada bir 0 değeri göndermektedir. S3 yönlendiricisi bekleme durumunda eğer üzerine her hangi bir veri gelirse geldiği düğüm hariç diğer tüm düğümlere yayın yapmaktadır. SINK\_4 istasyonu da S3 yönlendiricisinden 1 değerini aldığıda “Algılandı” mesajı vermekte aksi durumda “Beklemede” mesajı yazdırmaktadır.



Şekil 4.7. Örneğin çalıştırmasında kapsama alanına girme durumu

#### 4.6. Bir Düğümün Koordinatlarını İsteme Uygulaması

Bu örneğimizdeki amacımız ağda istediğimiz bir düğümün koordinatları almak istenmiştir. Bunun için yeni bir proje oluşturduktan sonra 100 tane düğümü rastgele haritaya dağıtıyoruz. Düğümleri birbirlerinin kapsama alanına girecek şekilde yerleştiriyoruz. Tüm düğümlerin radyo teknolojisi ZigBee olacak şekilde seçiyoruz. Araç çubuklarından gerekli diğer ayarlamalar yapıldıktan ve ağ tasarımı tamamlandıktan sonra durum çubuğundaki bağlantılar butonuna tıkladığımızda uygulamanın çalıştırmadan önce Şekil 4.8’deki gibi bir ekran görüntüsü elde edilmektedir. Buradaki senaryomuzda başlangıç düğümünü S90 ve ağda aranan düğümü de S76 olarak belirlenmiştir.



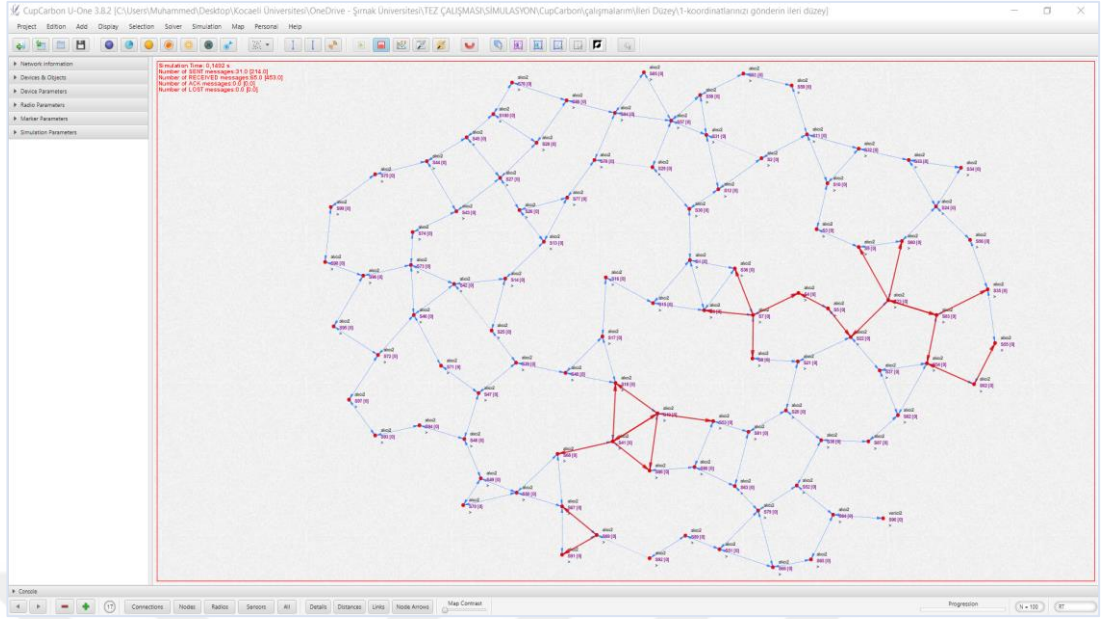
Şekil 4.8. Uygulamanın başlangıç görüntüsü

Başlangıç düğümümüz olan S90 düğümüne ait verici2.csc script dosyasındaki kodlar Ek-B’da verilmiş olup sözde kodlarda aşağıdaki Şekil 4.9’de gibi verilmiştir. Burada S90 düğümü ağdaki tüm düğümlere S76 düğümünü aradığını ve bulduğunda S76 dan koordinatlarını göndermesi gerektiğine dair mesajı göndermektedir. Uygulama çalıştırıldıktan sonra tüm düğümler mesajı aldıklarında eğer S76 değilse komşu düğümlere Şekil 4.10’daki gibi aynı mesajı tekrardan göndermektedir.

Başlangıç düğümünün (S90) komut dosyasına ait sözde kodlar aşağıdaki gibidir:

```
//verici2.csc
//Algılayıcı “ID al”
//Alınan ID değeri ile gönderilen mesaj ve aranan düğüm ID’yi “ Gönderilecek
veriyi birleştir”
//Birleştirilen değerleri “yayın yap”
//Simülasyon süresince “Dön”
//Bir değer algılayana kadar “Bekle”
//Algılanan değeri “Oku”
//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”
//Okunan mesaj B’ye eşit “ise”
//Aktif düğümü “İşaretle”
//Okunan koordinatları “x ve y değerini yaz”
//Simülasyonu “Durdur”
//Şart kontrolünü “bitir”
```

Şekil 4.9. Koordinatları isteyen düğümün verici2 dosyasına ait sözde kodları



Şekil 4.10. Koordinatları talep eden uygulamanın çalıştırılması

Alıcı durumundaki diğer tüm algılayıcılara ait alıcı2.csc dosyasındaki kodlar Ek-C’de verilmiş olup sözde kodlarda aşağıdaki Şekil 4.11’de gibi verilmiştir.

Diğer algılayıcı düğümlere ait komut dosyası aşağıdaki gibidir:

```
//alıcı2.csc
//Algılayıcının “koordinatı al”
//Algılayıcı “ID al”
//Durum değişkeninin değerini 0 olarak “ayarla”
//Simülasyon süresince “Dön”
//Bir değer algılayana kadar “Bekle”
//Algılanan değeri “Oku”
//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”
//Eğer alınan mesaj A’ya ve durum değişkeni 0’a “eşit ise”
//Durum değişkeninin değerini 1 olarak “ayarla”
//Eğer mevcut düğümün ID’si aranan Düğüm ID’sine C
```

Şekil 4.11. Uygulamanın diğer düğümlerinin alıcı2 dosyasına ait sözde kodları

```
//Aktif düğümü “İşaretle”

//Alınan Koordinatları “Yazdır”

//Gönderilmek İstenen verileri tekrardan “Birleştir”

//Geldiği ID hariç birleştirilen değerleri “yayın yap”

//Eğer mevcut düğümün ID’si aranan Düğüm ID’sine “eşit değilse”

//Önceki değişkenin değerini okunan ID değeri olarak “Ayarla”

//Gönderilmek İstenen verileri tekrardan “Birleştir”

//Birleştirilen değerleri “yayın yap”

//Şart kontrolünü “bitir”

//En üst şart kontrolünü “bitir”

//Eğer alınan mesaj B’ye “eşit ise”

//Aktif düğümü “İşaretle”

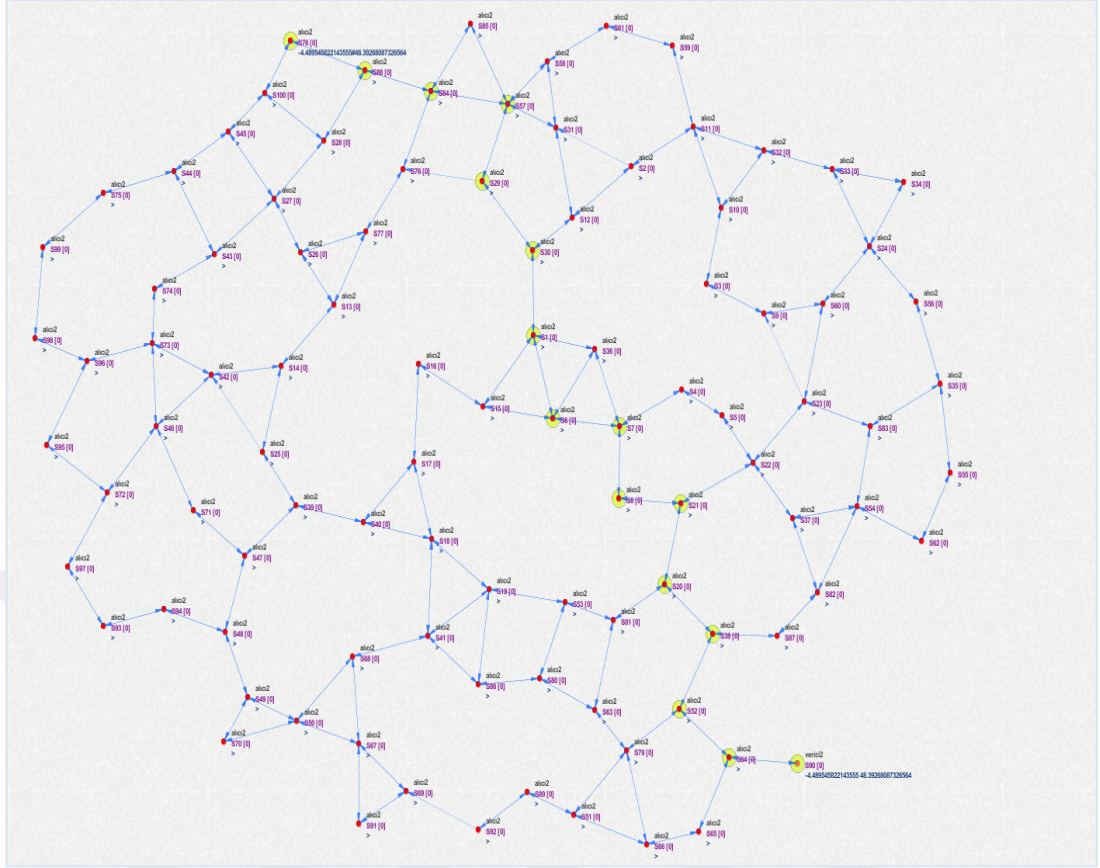
//Gönderilmek İstenen verileri tekrardan “Birleştir”

//ID si önceki değişken değerine eşit olan düğüm haricinde birleştirilen değerleri
“yayın yap”

//Şart kontrolünü “bitir”
```

Şekil 4.11. (Devam) Uygulamanın diğer düğümlerinin alıcı2 dosyasına ait sözde kodları

Ağda mesajı alan düğüm S76 ise işaretlenmektedir. Daha sonra talepte bulunan düğüme kendi koordinatlarını göndermek üzere mesajı aldığı bir önceki düğümde başlamak üzere hep bir önceki düğümü işaretleyerek geriye doğru S90 düğümüne ulaşana kadar Şekil 4.12’de gösterildiği üzere tüm düğümler işaretlemekte ve en sonunda koordinatlar iletilmektedir.



Şekil 4.12. Uygulamanın son durumu

#### 4.7. CupCarbon Simülâtörünün Avantajları

CupCarbon'ı, diğer geleneksel kablosuz algılayıcı ağ simülâtörlerinden ayıran önemli faydaları [81];

- Radyo yayılım kanalının ve alfaya dayanıklı gürültü temelli girişimlerin daha gerçekçi bir şekilde modellenmesini ve simülasyonunu sağlar [82],
- Dağıtım ortamını göz önünde bulundurur ve simülasyonların belirsizliğini belirler,
- Mobil düğümlerin ve dinamik ortamların tasarımını sağlar,
- Gerçekçi ortamlarda (şehir, dağ, vb.) çok sayıda düğümü olan bir ağın veya ağların davranışsal olarak incelenmesine izin verir.



## **5. CUPCARBON İLE AKILLI ŞEHİR BENZETİM ÇALIŞMALARI**

Bu bölümde akıllı şehir problemlerine çözüm olabilecek üç uygulama ve akabinde bu uygulamaların birleştirilmesiyle bir proje geliştirilmiştir. Tüm uygulamalarımız CupCarbon simülatörü kullanılarak benzetimi yapılmıştır.

Uygulamalarımızın modellenmesinde çalışma alanı olarak genellikle Kocaeli Üniversitesi ve Kocaeli ili haritası kullanılmıştır. Senaryolarda çevreden algılanan verilerin depolanması ve işlenmesi için Üniversite Bilgi işlem dairesine iletilmesi hedeflenmektedir.

Birinci uygulamada IEEE 802.15.4 standardındaki ZigBee radyo standardındaki algılayıcılar kullanılarak hareket halindeki üç araçtan konum bilgisi alınmış ve araçların kendi aralarında mesaj alışverişi yapmaları sağlanmıştır. İkinci uygulama için Wi-Fi teknolojisi kullanılarak Üniversite mühendislik binasına bir gün içerisinde giren kişi sayısı tespit edilerek hangi saatlerde yoğun olduğu tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Son uygulama ise Kocaeli ilindeki barajların su seviyelerinin LoRa teknolojisi kullanılarak barajların yıl içerisindeki aylara göre doluluk oranları tespit edilmeye çalışılmaktadır. Son olarak proje uygulamamızda da bu üç uygulama tek çatı altında toplanmış ve üç radyo teknolojisi bir arada kullanılması ve kendi aralarında geçiş yaparak iletişime geçmeleri sağlanmıştır.

### **5.1. Hareket Halindeki Araçlardan Konum Bilgisi Alma**

Bu uygulamadaki amacımız Üniversite güzergâhına yerleştirilen algılayıcılar aracılığıyla Üniversite park alanından başlayarak hareket eden araçların çıkış yaparken ve dışardan park alanına giriş yaparken araçların, geçtiği andaki konumunu ve iletmek istediği mesajı bilgi işlem dairesine iletmektir. Bu işlem gerçekleşirken hareket halindeki araçlarda kullanılan radyo teknolojisine bağlı olarak birbirlerinin kapsama alanına girdikleri anda mesaj alış verişi yapmalarını sağlanmaktadır.

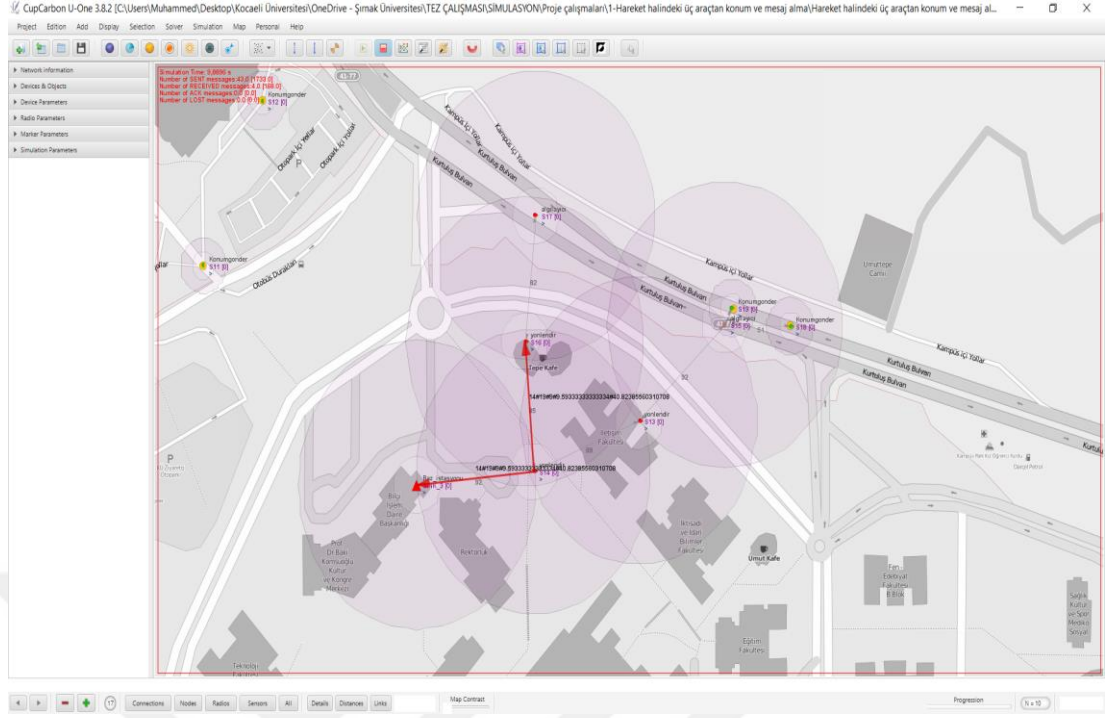
Simülâtörde kullanılan her algılayıcıya birden fazla radyo teknolojisi atanabilmektedir. Bu uygulama kısa mesafe gerektirdiğinden IEEE 802.15.4 standardındaki ZigBee radyo standardı kullanılması tercih edilmiştir. Bu yüzden Tablo 5.1’de gösterildiği üzere uygulamada kullanılan yönlendiriciler ve diğer algılayıcılar gibi tüm bileşenlerde ZigBee kullanılmıştır.

Tablo 5.1. Araçlardan mesaj ve konum bilgisi alınması uygulamasına ait bileşenler

Araçlardan mesaj ve konum bilgisi alınması uygulamasına ait bileşenler				
Bileşen	İsmlendirme	Script Kodu	Algılayıcı Türü	Radyo
Araçlar	S1, S2, S3, S4	Konumgonder.csc	Sensor Node	ZigBee
Araç algılayıcılar	S15, S17	Algılayıcı.csc	Sensor Node	ZigBee
Baz İstasyonu	SINK_3	Baz_istasyonu.csc	Base Station	ZigBee
Yönlendiriciler	S13, S14, S16	yonlendir.csc	Sensor Node	ZigBee

Bu işlem için Şekil 5.1’de ki gibi tasarımı yapılan uygulamada harita üzerine hareket halindeki dört tane araç yerleştirilmiştir. Bu araçların iki tanesi park alanından ayrılırken iki tanesi de park alanına doğru gelmektedir. Yol güzergâhına bir tane giden araçlar için bir tane de gelen araçlar için iki tane hareketi algılayan algılayıcı yerleştirilmiştir. Son olarak da Bilgi İşlem Dairesi merkezine bir baz istasyonu yerleştirilmiş ve algılanan verilerin merkeze iletilmesi için yeterli sayıda algılayıcı düğümü yönlendirici olarak kullanılmak üzere haritaya yerleştirilmiştir.





Şekil 5.2. Araçlardan mesaj ve konum bilgisi alma uygulamasının çalıştırılması

```

//Konumgonder.csc

//Simülasyon süresince “Dön”

//Algılayıcı “ID al”

//Algılayıcının “koordinatı al”

//ID numarasını araç numarası olarak “ayarla”

//Simülasyon “zamanı al”

//Zamanı “tamsayıya çevir”

//Alınan verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”

//Birleştirilen değerleri “yayın yap”

//İstenen değerleri “dosyaya yaz”

//Bir dakika “bekle”

```

Şekil 5.3. Araç takip senaryosu algoritmasında kullanılan sözde kodlar

**//algılayıcı.csc**

//Algılayıcı “ID al”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Bir değer algılayana kadar “Bekle”

//Algılanan değeri “Oku”

//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”

//Çözülen verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”

//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri “yayın yap”

//Bir dakika “bekle”

**//yonlendir.csc**

//Algılayıcı “ID al”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Bir değer algılayana kadar “Bekle”

//Algılanan değeri “Oku”

//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”

//Çözülen verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”

//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri “yayın yap”

**//baz\_istasyonu.csc**

//Yazdırılacak mesajı “ayarla”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Bir değer algılayana kadar “Bekle”

//Algılanan değeri “Oku”

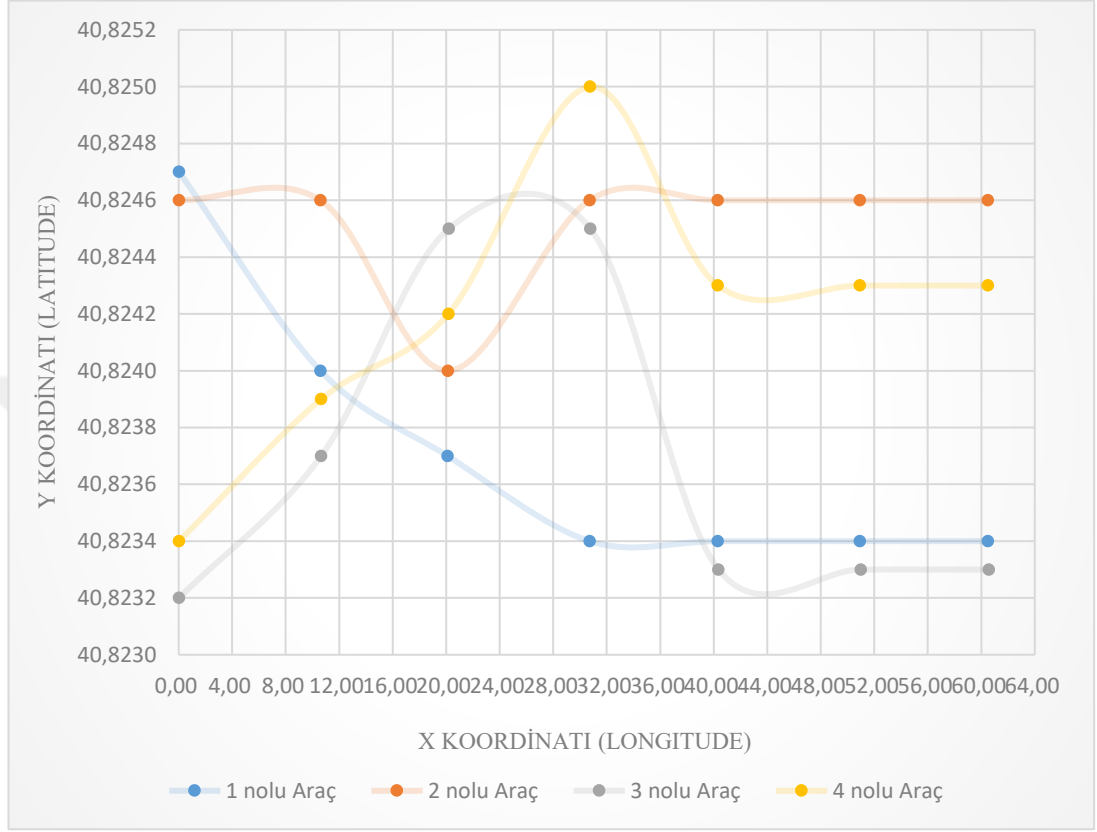
//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”

//İstenen değerleri “dosyaya yaz”

//Bir dakika “bekle”

Şekil 5.3. (Devam) Araç takip senaryosu algoritmasında kullanılan sözde kodlar

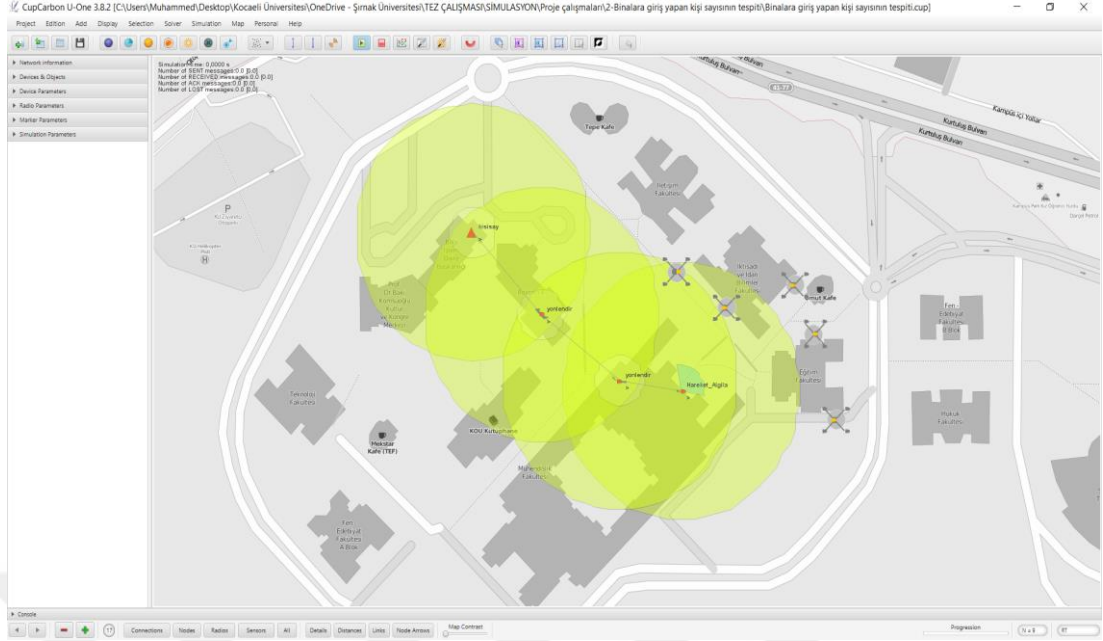
Simülasyon bir saat çalıştırdıktan sonra 10 dakika arayla araçlardan alınan konumlar Şekil 5.4'deki grafikte gösterilmiştir. Bu konumlar alındıkça kullanılmak üzere veri tabanına kaydedilmektedir.



Şekil 5.4. Hareket halindeki araçların geçtiği konumlar

## 5.2. Binalardaki Kişi Yoğunluğunun Tespit Edilmesi

CupCarbon simülöründe Kocaeli Üniversitesi kampüs haritası kullanılarak mühendislik binasına giren kişi yoğunluğunun tespit edilmesi senaryosu Şekil 5.5'de gibi modellenmiştir. Senaryoda Mühendislik binasının kapısına bir medya algılayıcısı yerleştirilmiş ve kapıdan giren kişilerin algılanması sağlanmıştır. Algılanan her kişi sayısı yönlendiriciler aracılığıyla bilgi işlem dairesindeki sunucuya iletilmektedir. Bu şekilde iletilen veriler daha sonra kullanılmak üzere depolanmakta ve çeşitli işlemlerden geçilerek gün içerisindeki kişi yoğunluğu tespit edilmiştir. Kablosuz algılayıcı radyo standart teknolojisi olarak Wi-Fi radyoları kullanılmıştır.



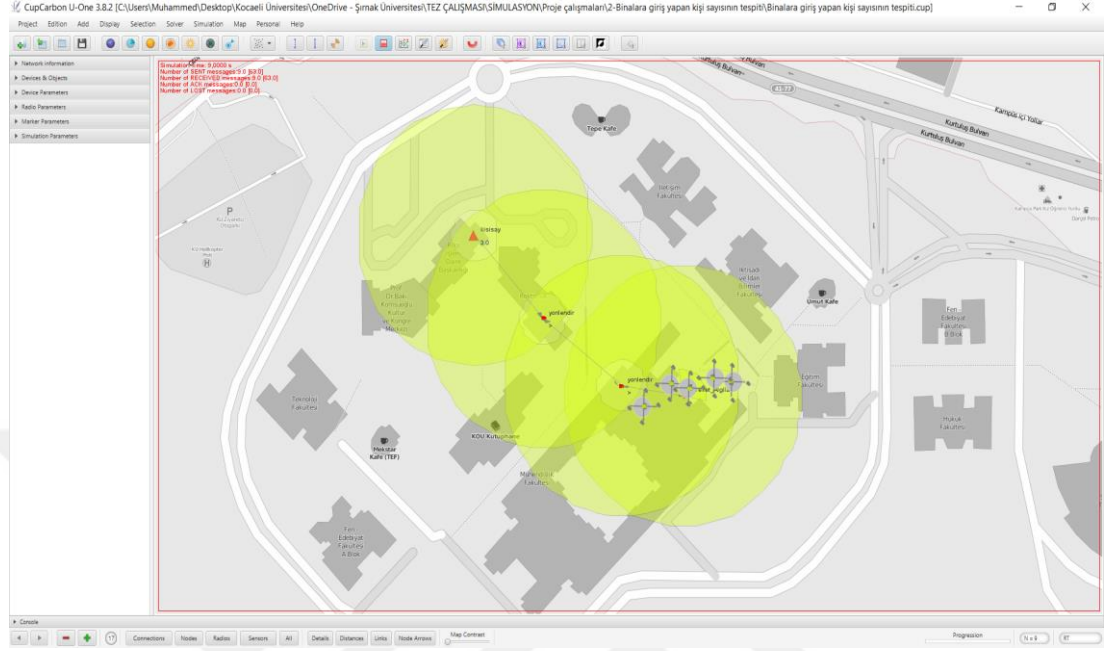
Şekil 5.5. Kişi sayısının tespiti senaryosunu tasarımı

Uygulamanın çalıştırılmasıyla hareket halindeki kişiler tek tek kapıdan geçmektedir. Kapıya yerleştirilen MS78 medya algılayıcısı kapıdan geçen her kişiyi algılamakta ve kişi sayısı ile iletilmek istenen mesajı yönlendiricilere yayın yapmaktadır. Yönlendiriciler vasıtasıyla mesaj içeriği SINK\_75 baz istasyonuna iletilmektedir. Uygulamada kullanılan bileşenlerin karşılıkları Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Kişi yoğunluğu tespiti uygulamasında kullanılan bileşenler

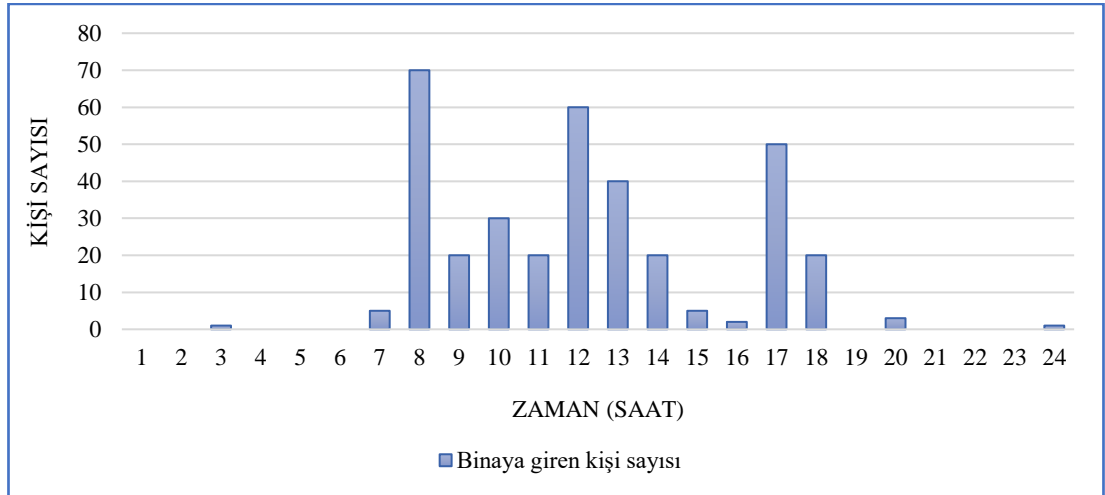
Kişi yoğunluğu tespiti uygulamasında kullanılan bileşenler				
Bileşen	İsmlendirme	Script Kodu	Algılayıcı Türü	Radyo
Hareket Algılayıcılar	MS78	Hareket_algila.csc	Media Sensor	Wi-Fi
Baz İstasyonu	SINK_75	Kisisay.csc	Base Station	Wi-Fi
Yönlendiriciler	S72, S74	Yonlendir.csc	Sensor Node	Wi-Fi
Kişiler	M68, M69, M70, M79, M80	-	Mobile	-

Baz istasyonuna gelen veriler işlem yapılmak üzere depolanmaktadır. Uygulamanın çalıştırılmasıyla Şekil 5.6’da ki senaryo görüntüsü elde edilmiştir.



Şekil 5.6. Kişi sayısının tespiti uygulamasının çalıştırılması

Bir gün boyunca benzetimden elde edilen sonuçlar Şekil 5.7’de ki grafikteki gibi görselleştirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında yoğunluğun mesai saatleri içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.7. Bir gün içerisinde binaya giriş yapan kişi sayısı

Verici durumunda olan kapı girişinde ki medya algılayıcısı Hareket\_algila.csc scripti ile algıladığı kişileri etraftaki yönlendiricilere yayın yapmaktadır. Yönlendirici



durumundaki diğerk algılayıcılar yonlendir.csc scripti ile alınan veri ve mesajları baz istasyonuna yönlendirmektedir. Baz istasyonu gelen veri setleri daha sonra işlenmek üzere Kisisay.csc senscript kodu ile dosyaya yazılmaktadır. Kişileri temsilen de hareket özelliği kazandırılmış algılayıcı düğümleri kullanılmıştır. Bu bileşenlerde kullanılan sözde kodlar Şekil 5.8’de gösterilmektedir. Bu bileşenlerde kullanılan script dosyalarına ait gerçek kodlar Ek-E’ de verilmiştir.

#### **//Hareket\_algila.csc**

//Algılayıcı “ID al”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Dijital algılayıcı değeri “Oku”

//Okunan değer “eğer” 1’e eşitse

//Alınan verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”

//Birleştirilen değerleri “yayın yap”

//Bir dakika “bekle”

//Okunan değer 1’e eşit “değilse”

//Bir dakika “bekle”

//Şart kontrolünü “bitir”

#### **//Yonlendir.csc**

//Algılayıcı “ID al”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Bir değer algılayana kadar “Bekle”

//Algılanan değeri “Oku”

//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”

//Çözülen verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”

//Geldiği ID hariç birleştirilen değerleri “yayın yap”

Şekil 5.8. Ortamdaki kişi yoğunluğunun tespiti uygulamasının sözde kodları

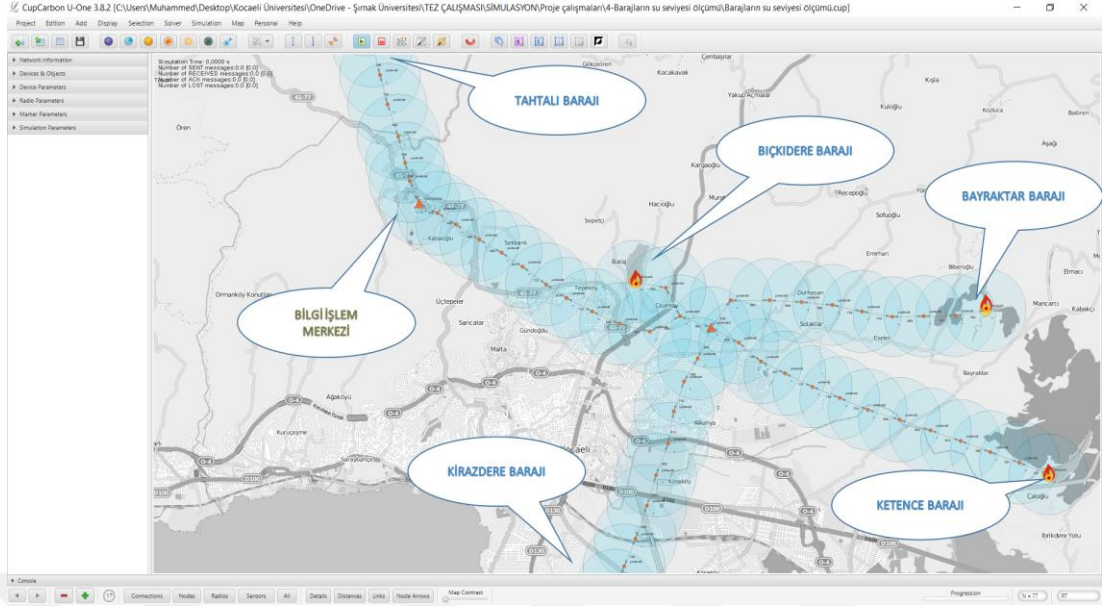
```
//Kisisay.csc  
  
//Yazdırılacak mesajı “ayarla”  
  
//Kişi sayısını tutacak sayaç değerini 0 numarasını olarak “ayarla”  
  
//Simülasyon süresince “Dön”  
  
//Bir değer algılayana kadar “Bekle”  
  
//Algılanan değeri “Oku”  
  
//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”  
  
//Sayaç değerini “1 artır”  
  
//İstenen değerleri “dosyaya yaz”  
  
//Bir dakika “bekle”
```

Şekil 5.8. (Devam) Ortamdaki kişi yoğunluğunun tespiti uygulamasının sözde kodları

### 5.3. Su Verimliliği için Barajların Doluluk Oranlarının Tespit Edilmesi

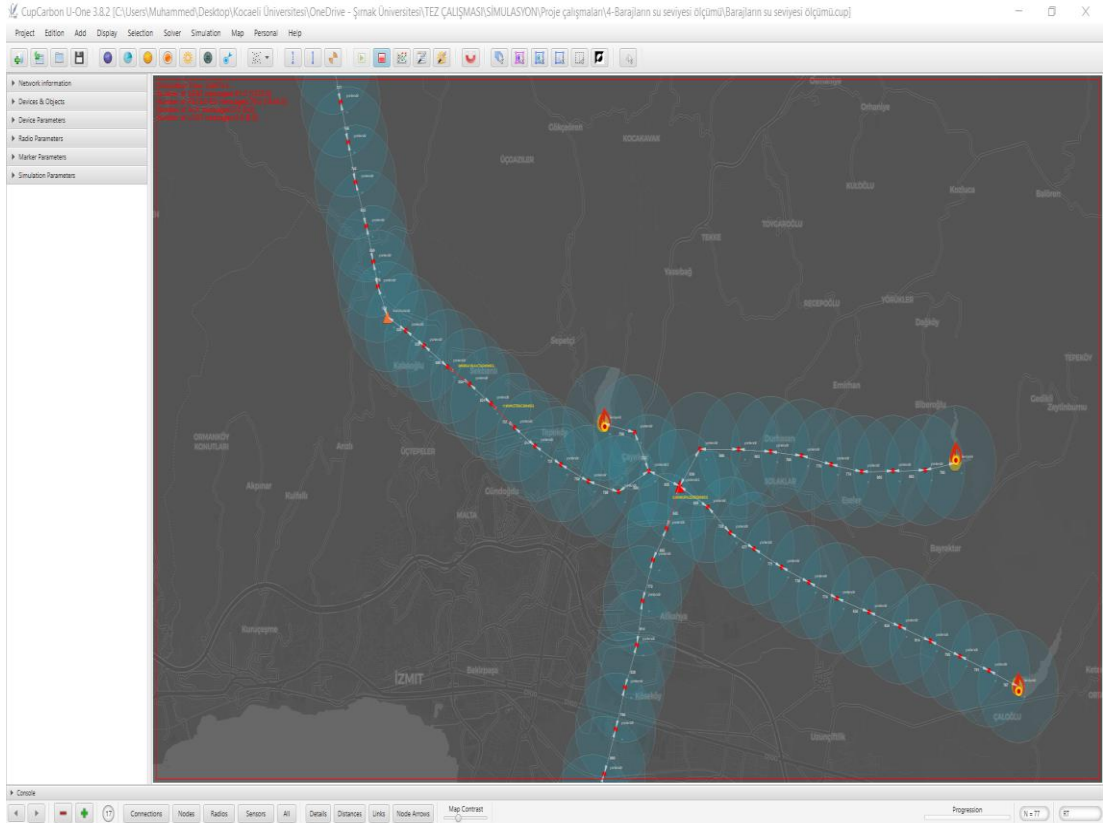
Bu uygulamanın tasarımı gerçekleştirilirken Kocaeli ilinde bulunan Bayraktar, Bıçkıdere, Ketence, Kirazdere ve Tahtalı isimlerindeki beş tane baraj kullanılmıştır. Bu uygulamadaki amaç barajların doluluk oranları alınarak merkezde bulunan Üniversite bilgi işlem dairesine verilerin iletilmesi hedeflenmiştir. Benzetimin modellenmesi Şekil 5.9'deki gibi görselleştirilmiştir.

Bu uygulamanın senaryosu tasarımında kullanılan Kocaeli ili haritasına her bir baraj seviyesinin ölçümü için analog veri okuyabilen bir algılayıcı yerleştirilmiştir. Bu algılayıcılar okuduğu verileri en yakınındaki yönlendiricilere yayın yapmaktadır.



Şekil 5.9. Barajların doluluk oranlarının alınması uygulaması

Şekil 5.10' de gösterildiği gibi uygulamanın çalıştırılmasıyla tüm barajlardan yönlendiricilere gelen veriler yeterli sayıdaki algılayıcı yönlendiriciyle bilgi işlem merkezine iletilmiştir.



Şekil 5.10. Barajların su seviyelerinin belirlenmesi uygulamasının çalıştırılması

Barajların bilgi işlem merkezinden uzaklığı ile barajlar arası mesafenin de çok uzak olduğu görülmektedir. Bu nedenle geniş kapsama alanına sahip ve verileri çok uzak mesafelere iletebilen ve yeni bir teknoloji olan LoRa radyo teknolojisinden faydalanılmıştır. Uygulamanın tasarlanmasında kullanılan bileşenlere ait parametreler Tablo 5.3'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Barajların su doluluk oranı tespiti uygulamasında kullanılan bileşenler

Barajların su doluluk oranı tespiti uygulamasında kullanılan bileşenler				
Bileşen	İsimlendirme	Natural Evt Dosyası / Script Kod Dosyası	Algılayıcı Türü	Radyo
Doğal Olay Üreteci	A32, A33, A34, A35, A36	BayraktarSeviye.evt Seytandere(Ketence)Seviye.evt Kirazdere(Yuvacık)Seviye.evt BickidereSeviye.evt TahtalıGoletSeviye.evt	Analog Sensor (Gas)	-
Baraj Seviye Algılayıcıları	S1, S62, S66, S67, S74	Seviyeal.csc	Sensor Node	LoRa
Baz İstasyonları	SINK_8, SINK_52	sonucyazdır.csc Yonlendir2.csc	Base Station	LoRa
Yönlendiriciler	Diğer Tüm düğümler	Yonlendir.csc	Sensor Node	LoRa

Bu uygulama için her baraj girişine birer tane analog algılayıcı ve bu algılayıcıdan aldığı değerleri belli zaman aralıklarıyla yönlendiricilere yayın yapan baraj seviyesini algılayan algılayıcılar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen analog algılayıcılar doğal olay üreticisi yardımıyla Gauss Dağılımı teoremine göre üretilen değerler verici durumundaki algılayıcılar tarafından seviyeal.csc scripti ile algılanmaktadır. Algılanan bu veriler yönlendiricilere yayın yapılmaktadır. Yönlendirici durumundaki diğer algılayıcılar yonlendir.csc scripti ile algılanan verileri baz istasyonuna yönlendirmektedir. Mesafenin uzaklığından araya yönlendirici durumunda bir ara baz istasyonu konulmuş ve bu baz istasyonu yonlendir2.csc scripti ile aldığı verileri birleştirerek diğer yönlendiricilere yayın yapmaktadır. Bilgi işlem merkezindeki alıcı durumundaki baz istasyonu gelen veri setlerini sonucyazdır.csc scripti ile

çözümleyerek dosyaya kaydetmektedir. Bu uygulamada kullanılan bileşenlere ait sözde kodlar Şekil 5.11’de gösterilmektedir. Bu bileşenlerde kullanılan script dosyalarına ait gerçek kodlar Ek-F’de verilmiştir.

```
//Seviyeal.csc
//Algılayıcı “ID al”
//Simülasyon süresince “Dön”
//Analog algılayıcı değeri “Oku”
//Okunan değer “eğer” X değerine eşit değilse
//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”
//Analog algılayıcı ID’si “eğer” 32’ye eşitse
//Baraj ismini BICKIDERE olarak “ayarla”
//Şart kontrolünü “bitir”
//Analog algılayıcı ID’si “eğer” 33’e eşitse
//Baraj ismini KIRAZDERE olarak “ayarla”
//Şart kontrolünü “bitir”
//Analog algılayıcı ID’si “eğer” 34’e eşitse
//Baraj ismini BAYRAKTAR olarak “ayarla”
//Şart kontrolünü “bitir”
//Analog algılayıcı ID’si “eğer” 35’e eşitse
//Baraj ismini KETENCE olarak “ayarla”
//Şart kontrolünü “bitir”
//Analog algılayıcı ID’si “eğer” 36’ya eşitse
//Baraj ismini TAHTALI olarak “ayarla”
//Şart kontrolünü “bitir”
//Simülasyon “zamanı al”
//Zamanı “tamsayıya çevir”
//Analog algılayıcıdan okunan değeri “tamsayıya çevir”
//Alınan verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”
//Birleştirilen değerleri “yayın yap”
//Bir saat “bekle”
//En üst şart kontrolünü “bitir”
```

Şekil 5.11. Su kaynaklarının verimliliği için kullanılan sözde kodlar

**//yonlendir.csc**

//Algılayıcı “ID al”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Bir değer algılayana kadar “Bekle”

//Algılanan değeri “Oku”

//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”

//Çözülen verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”

//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri “yayın yap”

**//yonlendir2.csc**

//Algılayıcı “ID al”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Bir değer algılayana kadar “Bekle”

//Algılanan değeri “Oku”

//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”

//Çözülen verilerden “kullanılacak değerleri birleştir”

//Algılayıcı ID’si “eğer” 68’e eşitse

//ID’i 69 olan algılayıcıya birleştirilen değerleri “yayın yap”

//Algılayıcı ID’si “eğer” 52’e eşitse

//ID’i 68 olan algılayıcıya birleştirilen değerleri “yayın yap”

//Algılayıcı ID’si bunlara eşit “değilse”

//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri “yayın yap”

//Şart kontrolünü “bitir”

**//sonucyazdir.csc**

//Yazdırılacak mesajı “ayarla”

//Simülasyon süresince “Dön”

//Bir değer algılayana kadar “Bekle”

//Algılanan değeri “Oku”

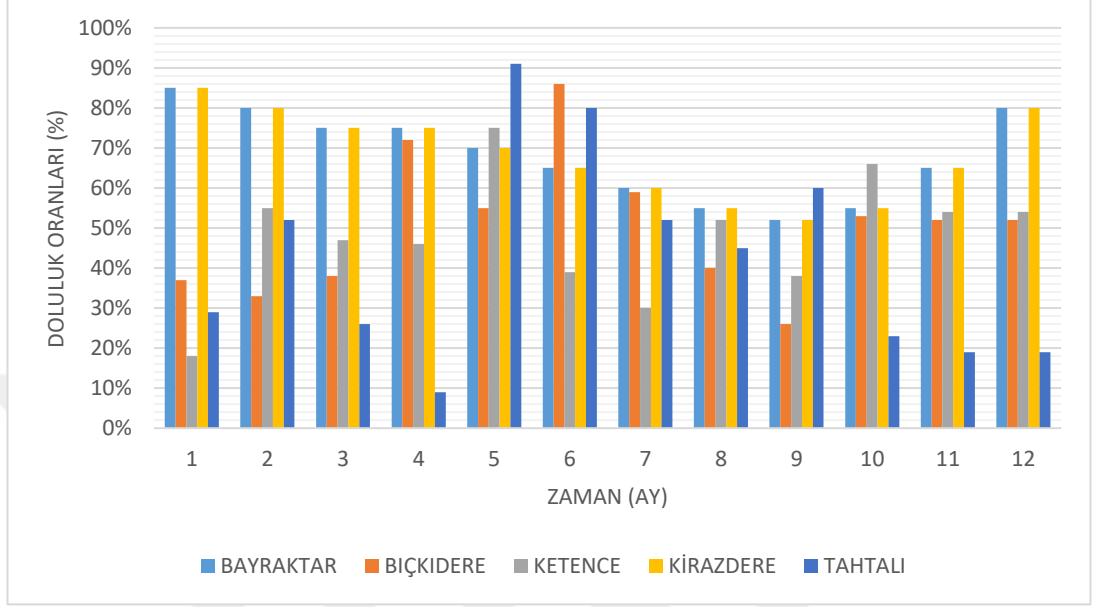
//Okunan verilerden “kullanılacak değerleri çöz”

//Çözülen verilerden istenen değerleri “dosyaya yaz”

//Bir dakika “bekle”

Şekil 5.11. (Devam) Su kaynaklarının verimliliği için kullanılan sözde kodlar

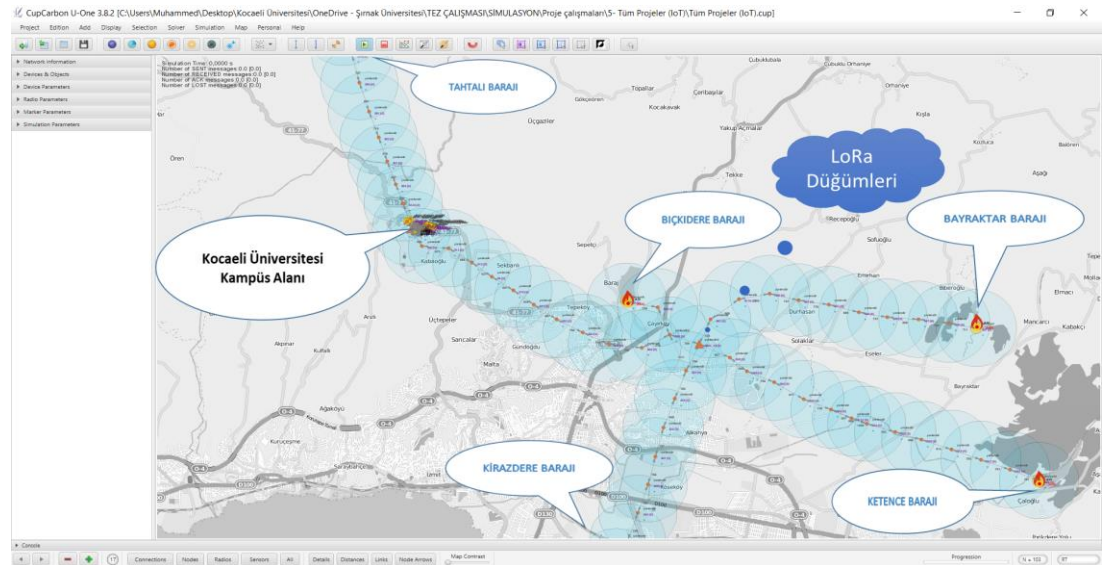
Simülasyonun çalıştırılması sonucunda merkeze iletilen verilerin analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre barajların aylara göre doluluk oranları Şekil 5.12'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Barajların aylara göre doluluk oranları

#### 5.4. IoT Temelli Akıllı Şehir Uygulaması

IoT temelli akıllı şehir uygulamasının Kocaeli ili haritasına Şekil 5.13'te gösterildiği üzere genel hatlarıyla tasarım modellemesi verilmektedir.

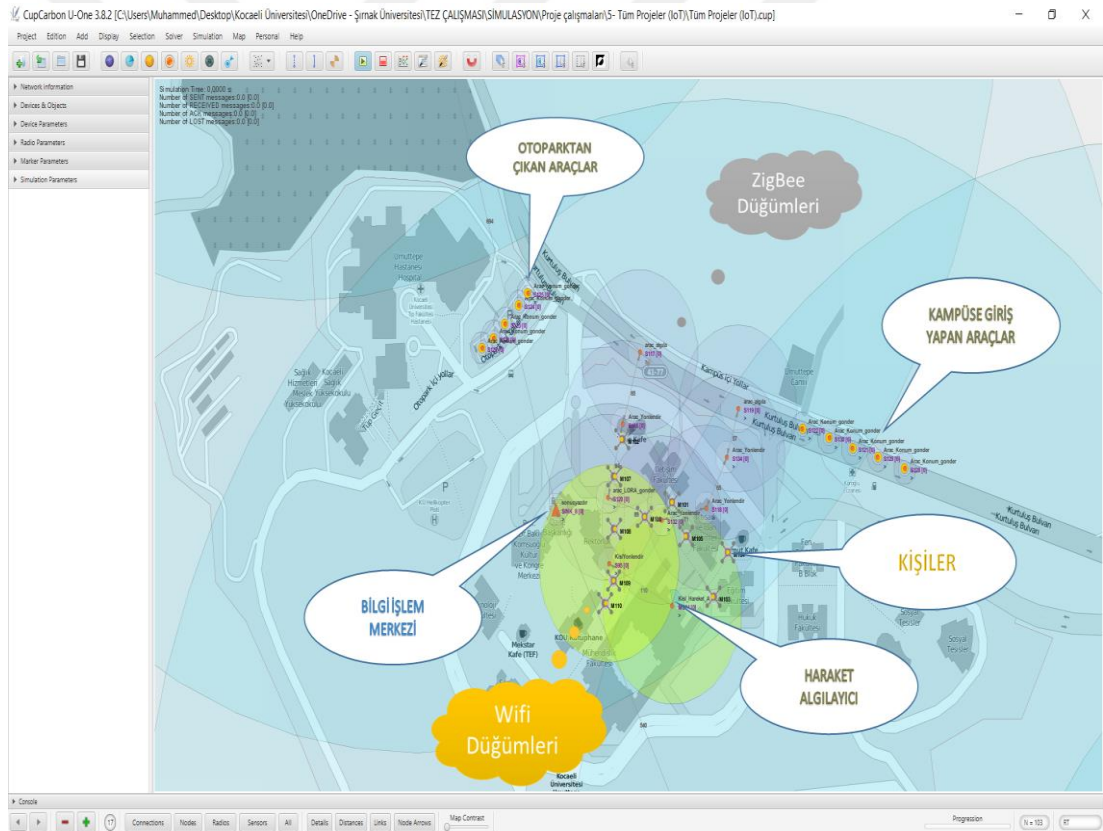


Şekil 5.13. IoT temelli akıllı şehir uygulamasının genel tasarımı

Bu uygulama projesinin yapılmasındaki amaç ZigBee, WiFi, LoRa gibi farklı ağ teknolojilerini bir arada kullanarak yukarıda değinilen üç uygulamanın genişletilerek daha fazla araç ve kişi ile projenin performansını test etmektir.

4.5 başlığındaki uygulama tasarımı adımlarını izleyerek yeni bir proje oluşturulmaktadır. Bu bölümde daha önce üç başlıkta yapılan uygulamaların adımlarını izleyerek tüm düğümler haritaya yerleştirilmektedir.

IoT uygulamasının Şekil 5.14’te gösterildiği gibi Kampüs alanındaki tasarımına daha yakından baktığımızda düğümlerde kullanılan üç radyo teknolojisine ait kapsama alanları iç içe geçmekte ve farklı renklerle gösterilmektedir. Araç ve kişileri temsilen kullanılan düğümlerin sayısının da arttığı görülmektedir.



Şekil 5.14. IoT temelli akıllı şehir uygulamasının kampüs tasarımı

Uygulamada kullanılan tüm bileşenler ve bu bileşenlerin karşılarında kullanılan teknolojiler Tablo 5.4’ te gösterilmektedir. Bu uygulamanın yukardaki uygulamalardan farklı olarak SINK\_8 gibi bazı düğümlerde birden fazla radyo teknolojisi kullanılmaktadır.



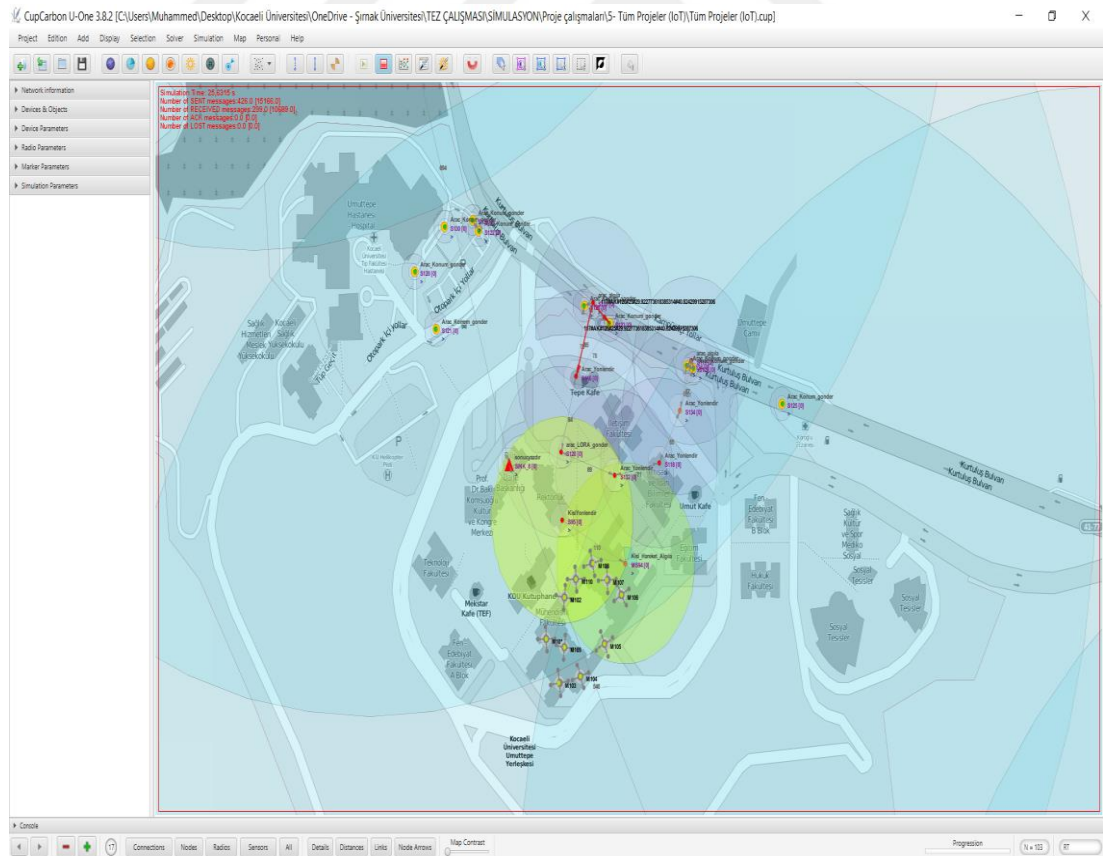
Tablo 5.4. IoT temelli akıllı şehir uygulamasında kullanılan bileşenler

IoT temelli akıllı şehir uygulamasında kullanılan bileşenler				
Bileşen	İsmlendirme	Natural Evt Dosyası / Script Kod Dosyası	Algılayıcı Türü	Radyo
Doğal Olay Üretici	A32, A33, A34, A35, A36	BayraktarSeviye.evt Seytandere(Ketence)Seviye.evt Kirazdere(Yuvacık)Seviye.evt BickidereSeviye.evt TahtalıGoletSeviye.evt	Analog Sensor (Gas)	-
Baraj Seviye Algılayıcıları	S1, S62, S66, S67, S74	Seviyeal.csc	Sensor Node	LoRa ZigBee
Baz İstasyonları	SINK_8	sonucyazdır.csc	Base Station	ZigBee, WiFi, LoRa
	SINK_52	Yonlendir2.csc		ZigBee, LoRa
Yönlendiriciler	Diğer Tüm Algılayıcılar	Yonlendir.csc	Sensor Node	LoRa, ZigBee
	S95	KisiYonlendir.csc	Sensor Node	WiFi, ZigBee, LoRa
	S116, S118, S132, S134	Arac_Yonlendir.csc	Sensor Node	ZigBee
Araç Algılayıcıları	S117, S119	arac_algıla.csc	Sensor Node	ZigBee
	S123, S124, S125, S126, S127, S128, S129, S130, S121, S122	Arac_Konum_gonder.csc	Sensor Node	ZigBee
	S120	Arac_LORA_gonder.csc	Sensor Node	ZigBee, LoRa
Hareket Algılayıcıları	MS94	Kisi_Hareket_Algıla.csc	Media Sensor	WiFi, ZigBee
Kişiler	M101, M102, M103, M104, M105, M106, M107, M108, M109, M110	-	mobile	-

Buradaki amaç ihtiyaca göre farklı teknolojilerden gelen verilerin SINK\_8 gibi bir düğüme geldiğinde bu düğüm ile aynı dili konuşur hale getirerek iletişime geçmelerini ve veri alış verişinde bulunmalarını sağlamaktır.

Bu uygulamayı çalıştırdığımızda Şekil 5.15'te gösterildiği üzere araçlar verilen güzergâhı takip ederek yola yerleştirilen algılayıcıların bulunduğu yerlerden geçerken kırmızı oklarla gösterildiği gibi konum ve mesaj verisini hem SINK\_8 düğümüne hem de çevredeki ZigBee teknolojisi kullanan araçlara yayın yapmaktadır. Bu şekilde park halindeki araçlar kampüs alanını terk etmekte, dışardan gelen araçlarda park alanına yönelmektedir.

Bina dışında bulunan kişilerde mühendislik binasının içerisine girmekte ve hareket algılayıcısı ile binaya giren kişi sayısı tespit edilerek aynı şekilde yönlendiriciler aracılığıyla SINK\_8 merkezine iletilmektedir. Bu iletim işlemi yapılırken WiFi ağ teknolojisi kullanılmaktadır.



Şekil 5.15. IoT temelli akıllı şehir çalıştırılma durumu

İl geneline barajların verisini almak üzere LoRa teknolojisi kullanan diğer düğümlerden gelen veriler de her üç teknolojiyi kullanan SINK\_8 merkezine iletilmektedir. Merkezi işlem birimine gelen tüm veriler işlenmek üzere depolanmaktadır.

Yukarda yapılan uygulamalardan farklı olarak bu IoT uygulamasında;

- ZigBee teknolojisiyle yapılan Hareket Halindeki Araçlardan Konum Bilgisi Alma uygulamasından farklı olarak 5 (beş) araç giden ve 5 (beş) araçta gelen olmak üzere toplamda 10 (on) araç kullanılmaktadır. Daha sonra tüm işlem basamaklarından geçtikten sonra araç konum ve mesaj verileri Arac\_LORA\_gonder.csc scriptine yönlendirilmekte bu script kodu da farklı radyo teknolojisi kullandığından arada köprü vazifesi görerek algıladığı verileri baz istasyonuna göndermektedir.
- WiFi teknolojisi ile yapılan Binalardaki Kişi Yoğunluğun Tespit Edilmesi uygulamasından farklı kişi sayısı artırılarak 10 (on)'a yükseltilmiş ve Kisi\_Hareket\_Algıla.csc scripti ile algılanan kişi sayısı S95 yönlendiricisine yayın yapmaktadır. S95 yönlendiricisi farklı radyo teknolojisi kullandığından LoRa teknolojisi kullanan SINK\_8 baz istasyonuna kişi sayısı ve iletilmek istenen mesajı yönlendirmektedir.
- LoRa teknolojisi kullanan Su Verimliliği için Barajların Doluluk Oranlarının Tespit Edilmesi uygulamasından farklı olarak SINK\_8 baz istasyonu üç farklı radyo teknolojisi kullanmakta ve bu teknolojileri kullanan uzak mesafelerdeki düğümlerden gelen veriler Yonlendir.csc scripti vasıtasıyla baz istasyonuna yönlendirilmektedir.
- Uygulamada yer alan tüm algılayıcılardan gelen veri kümeleri SINK\_8 istasyonuna yönlendirilerek sonucyazdır.csc scripti ile veri kümeleri çözümlenerek dosyaya yazdırılmaktadır.

Uygulama içerisinde kullanılan tüm bileşenlere ait sözde kodlar Şekil 5.16 da yer almaktadır. Bileşenlerde kullanılan script kod dosyaları Ek-F'de verilmektedir.

```
//Seviyeal.csc
//Algılayıcı "ID al"
//Uygulama türünü BS olarak "Ayarla"
//Simülasyon süresince "Dön"
//Analog algılayıcı değeri "Oku"
//Okunan değer "eğer" X değerine eşit değilse
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"
//Analog algılayıcı ID'si "eğer" 32'ye eşitse
//Baraj ismini BICKIDERE olarak "ayarla"
//Şart kontrolünü "bitir"
//Analog algılayıcı ID'si "eğer" 33'e eşitse
//Baraj ismini KIRAZDERE olarak "ayarla"
//Şart kontrolünü "bitir"
//Analog algılayıcı ID'si "eğer" 34'e eşitse
//Baraj ismini BAYRAKTAR olarak "ayarla"
//Şart kontrolünü "bitir"
//Analog algılayıcı ID'si "eğer" 35'e eşitse
//Baraj ismini KETENCE olarak "ayarla"
//Şart kontrolünü "bitir"
//Analog algılayıcı ID'si "eğer" 36'ya eşitse
//Baraj ismini TAHTALI olarak "ayarla"
//Şart kontrolünü "bitir"
//Simülasyon "zamanı al"
//Zamanı "tamsayıya çevir"
//Analog algılayıcıdan okunan değeri "tamsayıya çevir"
//Alınan verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"
//Birleştirilen değerleri "yayın yap"
//Bir saat "bekle"
//En üst şart kontrolünü "bitir"
```

Şekil 5.16. IoT temelli akıllı şehir uygulamasına ait sözde kodlar

**//yonlendir.csc**

```
//Algılayıcı "ID al"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Bir değer algılayana kadar "Bekle"  
//Algılanan değeri "Oku"  
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"  
//Çözülen verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri "yayın yap"
```

**//yonlendir2.csc**

```
//Algılayıcı "ID al"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Bir değer algılayana kadar "Bekle"  
//Algılanan değeri "Oku"  
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"  
//Çözülen verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Algılayıcı ID'si "eğer" 68'e eşitse  
//ID'i 69 olan algılayıcıya birleştirilen değerleri "yayın yap"  
//Algılayıcı ID'si "eğer" 52'e eşitse  
//ID'i 68 olan algılayıcıya birleştirilen değerleri "yayın yap"  
//Algılayıcı ID'si bunlara eşit "değilse"  
//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri "yayın yap"  
//Şart kontrolünü "bitir"
```

**//Kisi\_Hareket\_Algıla.csc**

```
//Algılayıcı "ID al"  
//Uygulama türünü BS olarak "Ayarla"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Dijital algılayıcı değeri "Oku"  
//Okunan değer "eğer" 1'e eşitse  
//Alınan verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Birleştirilen değerleri "yayın yap"  
//Bir dakika "bekle"  
//Okunan değer 1'e eşit "değilse"  
//Bir dakika "bekle"  
//Şart kontrolünü "bitir"
```

Şekil 5.16. (Devam) IoT temelli akıllı şehir uygulamasına ait sözde kodlar

**//KisiYonlendir.csc**

```
//Algılayıcı "ID al"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Bir değer algılayana kadar "Bekle"  
//Algılanan değeri "Oku"  
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"  
//Çözülen verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Radio türünü radio3 olarak "Değiştir"  
//Birleştirilen değerleri ID değeri 8' eşit olana "yayın yap"  
//Radio türünü radio2 olarak "Değiştir"
```

**//Arac\_Konum\_gonder.csc**

```
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Algılayıcı "ID al"  
//Algılayıcının "koordinatı al"  
//ID numarasını araç numarası olarak "ayarla"  
//Uygulama türünü AK olarak "Ayarla"  
//Simülasyon "zamanı al"  
//Zamanı "tamsayıya çevir"  
//Alınan verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Birleştirilen değerleri "yayın yap"  
//İstenen değerleri "dosyaya yaz"  
//Bir dakika "bekle"
```

**//arac\_algıla.csc**

```
//Algılayıcı "ID al"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Bir değer algılayana kadar "Bekle"  
//Algılanan değeri "Oku"  
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"  
//Çözülen verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri "yayın yap"
```

Şekil 5.16. (Devamı) IoT temelli akıllı şehir uygulamasına ait sözde kodlar

**//Arac\_Yonlendir.csc**

```
//Algılayıcı "ID al"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Bir değer algılayana kadar "Bekle"  
//Algılanan değeri "Oku"  
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"  
//Çözülen verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Algılayıcı ID'si "eğer" 120'e eşitse  
//ID'i 120 olan algılayıcıya birleştirilen değerleri "yayın yap"  
//Algılayıcı ID'si bunlara eşit "değilse"  
//Geldiği Id hariç birleştirilen değerleri "yayın yap"  
//Şart kontrolünü "bitir"
```

**//arac\_LORA\_gonder.csc**

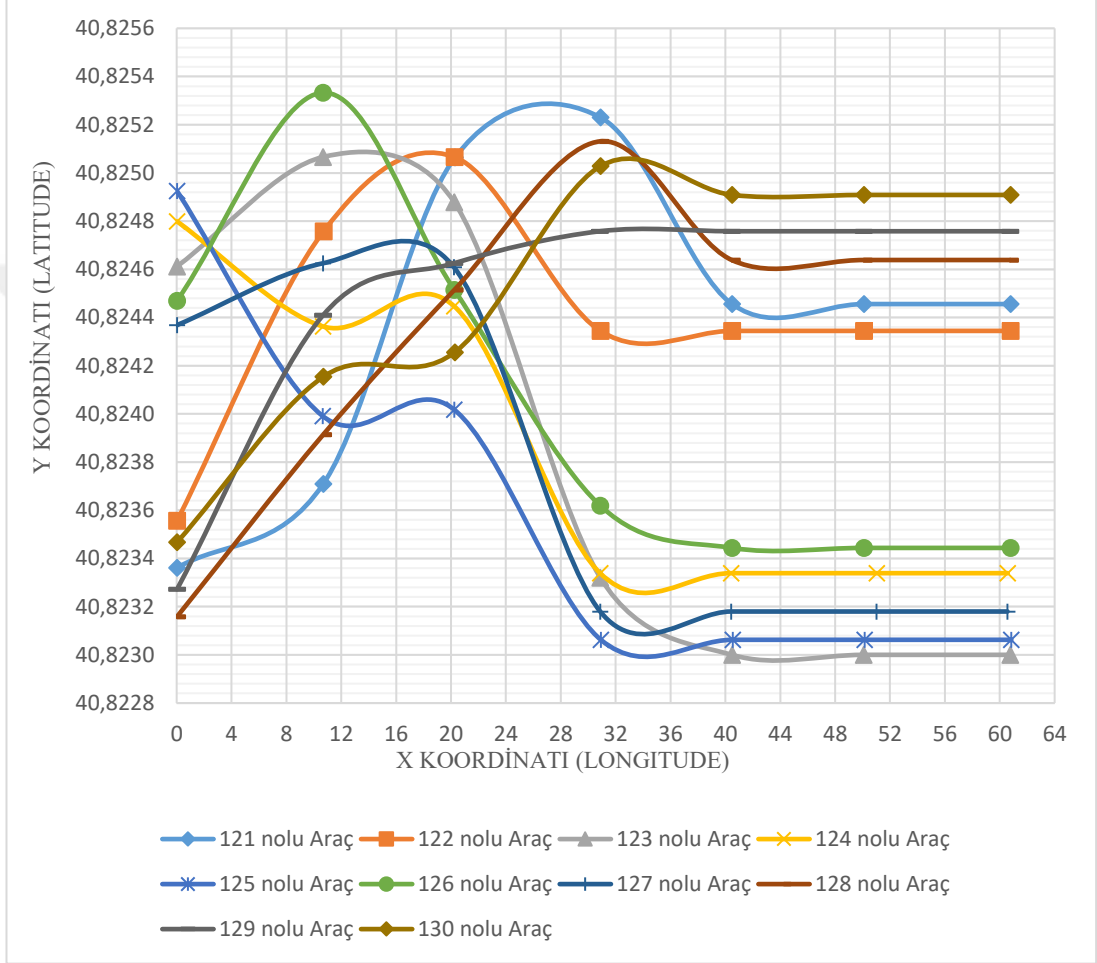
```
//Algılayıcı "ID al"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Bir değer algılayana kadar "Bekle"  
//Algılanan değeri "Oku"  
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"  
//Çözülen verilerden "kullanılacak değerleri birleştir"  
//Radio türünü radio2 olarak "Değiştir"  
//Birleştirilen değerleri ID değeri 8' eşit olana "yayın yap"  
//Radio türünü radio1 olarak "Değiştir"
```

**//sonucyazdir.csc**

```
//Yazdırılacak mesajları ve değişkenleri "ayarla"  
//Simülasyon süresince "Dön"  
//Bir değer algılayana kadar "Bekle"  
//Algılanan değeri "Oku"  
//Okunan verilerden "kullanılacak değerleri çöz"  
//Eğer okunan uygulama türü BS'ye "eşitse"  
//Çözülen verilerden istenen baraj değerlerini "dosyaya yaz"  
//Eğer okunan uygulama türü KS'ye "eşitse"  
//Çözülen verilerden istenen kişi sayısı değerlerini "dosyaya yaz"  
//Eğer okunan uygulama türü AK'ye "eşitse"  
//Çözülen verilerden istenen araç konum bilgisi değerlerini "dosyaya yaz"
```

Şekil 5.16. IoT temelli akıllı şehir uygulamasına ait sözde kodlar (devamı)

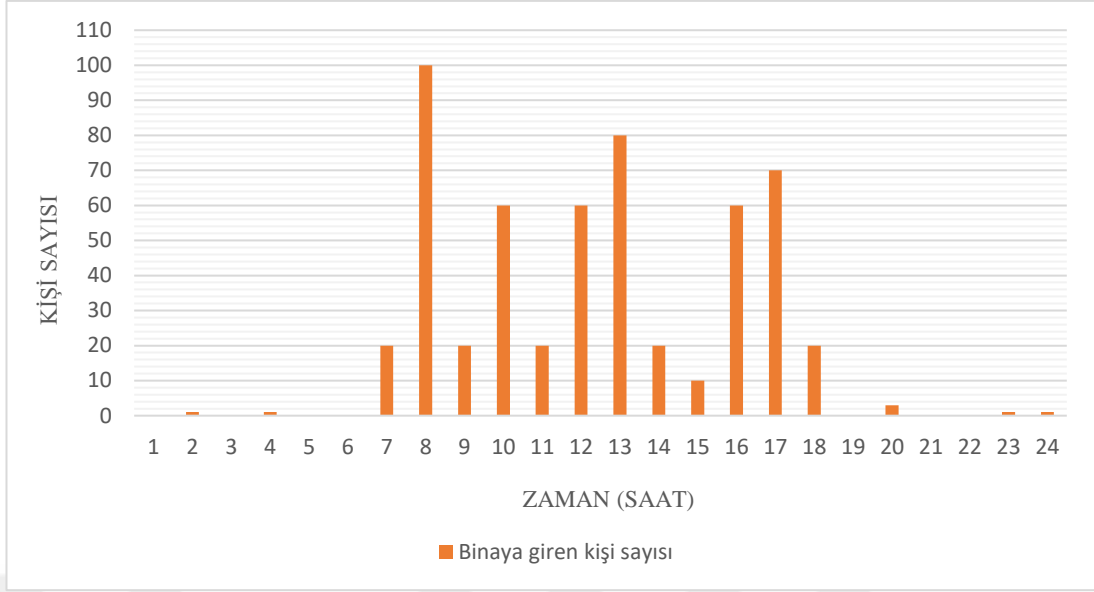
Simülasyon çalıştırılarak elde edilen veriler sürekli merkeze iletilmektedir. Daha sonra 10 araçtan iletilen veri kümeleri analiz edilerek bir saat içerisinde 10 dakika arayla araçlardan alınan konumlar Şekil 5.17'deki grafikte gösterilmiştir. Araç sayısı artırıldığında performansta bir düşme gözlenmediği ve tüm araçların konumlarının merkeze iletildiği görülmektedir.



Şekil 5.17. IoT temelli uygulamadaki araçların konumları

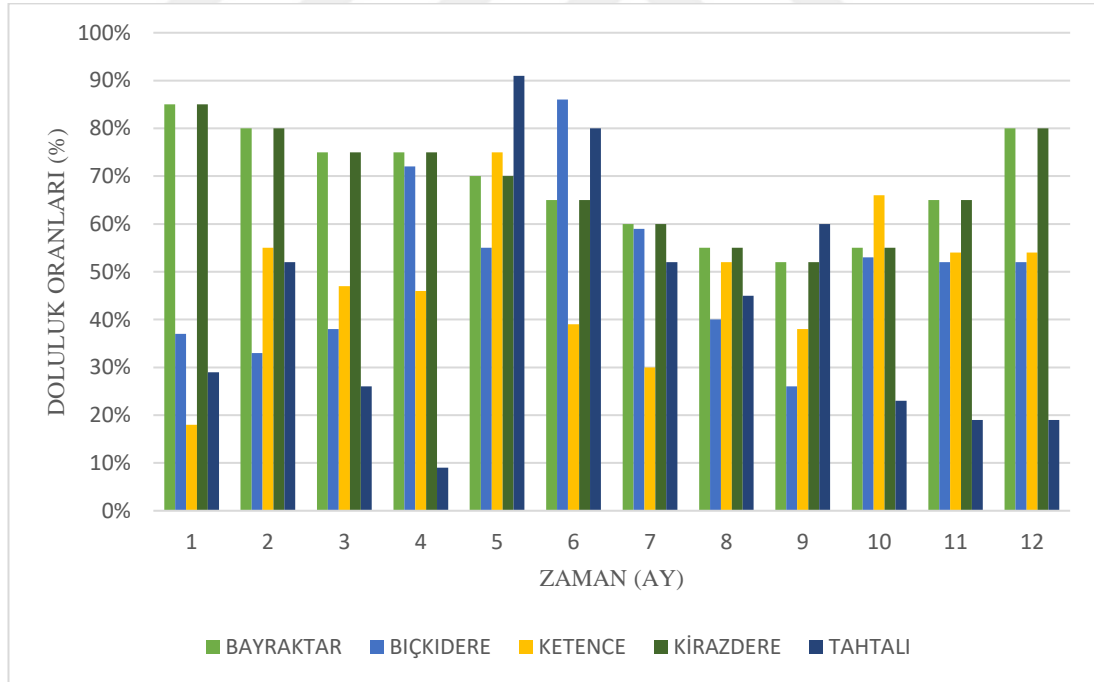
Benzetim işlemi bittikten sonra merkeze iletilen veriler analiz edilerek bir gün içerisindeki kişi sayısı Şekil 5.18'deki grafiğe çıkarılmıştır. Grafiğe baktığımızda gün içerisinde kişi sayısının arttığı ancak yine yoğunluğun mesai saatlerinde daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı şekilde benzetimin uzun süre çalıştırılması sonucunda uygulamada kullanılan barajlardan doğal olay üreticisiyle elde edilen veriler merkeze iletilmiştir.





Şekil 5.18. IoT temelli uygulamadaki kişi yoğunluğu

Bu verilerin analiz edilmesiyle uygulamada kullanılan barajların aylara göre doluluk oranları Şekil 5.19 da gösterilmektedir.



Şekil 5.19. IoT temelli uygulamadaki baraj doluluk oranları

## 6. SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada IoT kavramı kapsamındaki literatür incelenmiştir. IoT kavramı tanımı, kullanılacak protokoller ve yapılacak uygulamalar gibi birçok konuda daha bir standart yakalayamamıştır. Bu yüzden literatür incelemesine bakıldığında genellikle araştırma seviyesinde kalmakta bir çok alanda uygulama geliştirilmemiş uygulama geliştirilmesinde tavsiye ve önerilerde bulunulmuştur. IoT'nin standart bir mimari modele sahip olmamakla beraber temelde, ölçeklenebilirlik, güvenilirlik, heterojenlik, birlikte çalışabilirlik ve güvenlik/gizlilik gibi ölçütleri sağlaması gerektiği kabul görmektedir [83].

IoT uygulama alanının çok geniş olması ve bazı alanlarda yapılacak uygulamaların denemelerin çok tehlikeli olması nedeniyle uygulama benzetimlerinin Cooja [84], [85], Tossim [86], Worldsense [87], CupCarbon gibi simülatörlerde yapılması ve bu türden simülatörlerinde geliştirilmesine destek verilmesi gerekmektedir.

Gelecekte çok fazla cihazın internete bağlanacağı düşünüldüğünden IoT ile bu cihazların nasıl bağlanacağı, bağlantı sonunda oluşacak büyük veriler ile bu verilerin güvenlik ve gizliliği gibi problemler araştırmacıların araştırma konusu olmaktadır.

Akıllı şehirlerin inşasında büyük bir girişim ve diğer şehirlerde iyileştirme süreci için yeni algılayıcı cihazları, iletişim ağları, depolama ve arıtma sistemleri gibi şehir hizmetlerini yönetebilecek yeni platformlar gerekmekte ve bu sektördeki şirketler için büyük bir fırsat oluşturmaktadır.

Bu çalışmada IoT kavramı çevresinde akıllı şehir uygulamalarının modellenemediği CupCarbon simülatörünü kullanarak şehir problemlerine çözüm olabilecek bazı akıllı şehir uygulamaları geliştirilmiştir. Hareket halindeki araçların konumları, binalara giren kişi sayıları, barajların su seviyeleri tespiti ve tüm bu uygulamaların birleştirilmesiyle geniş çaplı bir IoT tabanlı akıllı şehir uygulaması benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Benzetimler sonucunda elde edilen verilerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre elde edilen veri setlerinin gerçek zamanlı bulut

sistemlere entegre edilmesi ile derin öğrenme, yapay zeka ve optimizasyon yöntemlerini kullanan IoT temelli karar verebilen sistemlerin oluşturulmasının altyapısını hazırlamaktadır.



## KAYNAKLAR

- [1] Biçakcı H, Yeni Kent Tasarımı ve Akıllı Kentler: Karşılaştırmalı Bir Analiz ve Samsun için Model Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun, 2014, 388001.
- [2] Çelik V., Akıllı Şehirlerde Su Yönetim İdarelerinde E-Uygulama Süreçlerinin Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 436152.
- [3] Su K., Li J., ve Fu H., Smart City and The Applications , *2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)*, Ningbo, China, 9-11, 2011.
- [4] Al-jorani A. S. I., Designing a Smart Safety Management System for Smart Cities, Yüksek Lisans Tezi, University of Turkish Aeronautical Association, Institute of Science and Technology, 2016, 446565.
- [5] İmamoğlu T., Sürdürülebilir Şehirlerde Ulaşım ve Hareketlilik, *Sürdürülebilir Akıllı Şehirler Çalıştayı*, İstanbul, 1-2 Ağustos 2017.
- [6] Kaygısız Ü., Aydın S. Z., Yönetişimde Yeni Bir Ufuk Olarak Akıllı Kentler, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, DOI: 10.20875/makusobed.292381 .
- [7] Da Silva W. M., Alvaro A., Tomas G. H. R. P., Afonso R. A., Dias K. L., Garcia V. C., Smart Cities Software Architectures:A survey, *Proc. 28th Annu. ACM Symp. Appl. Comput. - SAC '13*, DOI:10.1145/2480362.2480688.
- [8] Saoudi M., Bounceur A., Euler R., Kechadi T., Cuzzocrea A., Energy-Efficient Data Mining Techniques for Emergency Detection in Wireless Sensor Networks, *2016 Intl IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress (UIC/ATC/ScalCom/CBDCOM/IoP/SmartWorld)*, 766–771, 2017.
- [9] Saoudi M., Bounceur A., Euler R., Kechadi T., Data Mining Techniques Applied to Wireless Sensor Networks for Early Forest Fire Detection, *Proceedings of the International Conference on Internet of things and Cloud Computing - ICC '16*, 1–7, 22–23 Mart 2016,

- [10] Maalel N., Natalizio E., Bouabdallah A., Roux P., Kellil M., Reliability for Emergency Applications in Internet of Things, *Proc. - IEEE Int. Conf. Distrib. Comput. Sens. Syst. DCoSS 2013*, ss. 361–366, 2013.[11] Gharaibeh A., Salahuddin, M. A., Hussini, S. J., Khreishah, A., Khalil, I., Guizani, M., Al-Fuqaha, A. Smart Cities: A Survey on Data Management, Security and Enabling Technologies, *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, c. 19, sayı 4, 1–1, 2017.
- [12] Su K., J. Li, Fu H., Smart city and the applications, *2011 International Conference on Electronics, Communications and Control, ICECC 2011 - Proceedings*, 1028–1031, 2011.
- [13] Arasteh, H., Hosseinneshad, V., Loia, V., Tommasetti, A., Troisi, O., Shafie-Khah, M., Siano, P., IoT-Based Smart Cities: A Survey, *EEEIC 2016 - International Conference on Environment and Electrical Engineering*, 1–6, 2016.
- [14] Pellicer S., Santa G., Bleda A. L., Maestre R., Jara A. J., Skarmeta A. G., A Global Perspective of Smart Cities: A Survey, *Proceedings - 7th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, IMIS 2013*, 439–444, 2013.
- [15] Rashid B., Rehmani M. H., Applications of Wireless Sensor Networks for Urban Areas: A Survey, *J. Netw. Comput. Appl.*, <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2015.09.008>.
- [16] Talari S., Shafie-khah M., Siano P., Loia V., Tommasetti A., J. Catalão, A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept, *Energies*, <https://doi.org/10.3390/en10040421>.
- [17] Kocaman S., Akıllı Kent Haritaları: Dinar Mezarlık Bilgi Sistemi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 2012, 309190.
- [18] Karadağ T., An Evaluation of the Smart City Approach, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013, 338286.
- [19] Alkandari A., Smart Cities : Survey, *Adv. Comput. Sci. Technol. Res.*, c. 2, sayı 2, 79–90, 2012.
- [20] <https://www.gninsa.com.tr/akilli-sehir-uygulamalari-nedir>. (Ziyaret tarihi : 24 Haziran 2018).
- [21] Abdurahman D. R., Modeling and Simulation of an IoT Enabled Cold Chain Logistics Management System, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2016, 434010.
- [22] <http://cbsgunu.org.tr/tr/etkinlik-hakkinda/genel-bilgiler/cbs-nedir-143/>. (Ziyaret tarihi : 14 Aralık 2018).

- [23] Bak S., Czarnecki R., Deniziak S., Synthesis of Real-Time Cloud Applications for Internet of Things, *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, c. 23, sayı 3, 913–929, 2015.
- [24] Xsights, Akıllı Kentler Masabaşı Araştırması-Kamu Teknoloji Platformu, 2016.
- [25] <http://www.akillisehirler.org/temel-ozellikler/> (Ziyaret tarihi :13 Mayıs 2018).
- [26] Mangır F., Yerel Yönetimler için ‘Akıllı Şehir’ Stratejileri: Konya Türkiye Örneği, *Selçuk Üniversitesi Sos. Bilim. Mesl. Yüksekokulu Derg.*, c. 19, sayı 41.Yıl Özel Sayısı, 17–36, 2016.
- [27] <http://cbsgunu.org.tr/tr/etkinlik-hakkinda/genel-bilgiler/akilli-sehir/> (Ziyaret tarihi :10 Aralık 2018).
- [28] 2015-2018 Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı, 2015.
- [29] Koşunalp S., Arucu M., Nesnelerin İnterneti ve Akıllı Ulaşım, *Akıllı Ulaşım Sist. ve Uygulamaları Derg.*, c. 1, sayı 1, 1–7.
- [30] Güngör A., Akıllı Şehir Otopark Sistemlerinde NFC Kartların Ödeme Aracı Olarak Kullanılması ve Güvenlik Altyapısı; İspark ve İstanbulkart Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017, 472966.
- [31] Narol T., NFC Teknolojisinin Toplu Ulaşımında Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014, 364210.
- [32] Ulusoy M., Akıllı Şehirler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2017, 496002.
- [33] Hejazi H., Rajab H., Cinkler T., Lengyel L., Survey of Platforms for Massive IoT, *2018 IEEE International Conference on Future IoT Technologies (Future IoT)*, 2018, c. 2018, 1–8.
- [34] Farhan L., Shukur S. T., Alissa A. E., Alrweg M., Raza U., Kharel R., A Survey on the Challenges and Opportunities of the Internet of Things (IoT), *2017 Eleventh International Conference on Sensing Technology (ICST)*, 2017, c. 2017–Decem, ss. 1–5.
- [35] <http://www.ledportali.com/nesnelerin-interneti-yada-internet-of-things-nedir/>. (Ziyaret tarihi :14 Mayıs 2018).
- [36] [http://www.webmasto.com/internet-of-things-nesnelerin-interneti-nedir.](http://www.webmasto.com/internet-of-things-nesnelerin-interneti-nedir/) (Ziyaret tarihi :14 Mayıs 2018).

- [37] Shanthamallu U. S., Spanias A., Tepedelenlioglu C., Stanley M., A Brief Survey of Machine Learning Methods and Their Sensor and IoT Applications, *2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2017*, 2018, ss. 1–8.
- [38] <https://www.iiconsortium.org/index.htm>. (Ziyaret tarihi : 05 Ocak 2019).
- [39] Bozdoğan Z., Nesnelerin İnterneti için Tasarım Mimarisi, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 2015, 379770.
- [40] Singh D., Tripathi G., Jara A. J., A Survey of Internet of Things: Future vision, Architecture, Challenges and Services, *2014 IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2014*, 2014, 287–292.
- [41] Vashi S., Ram J., Modi J., Verma S., Prakash C., Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Security Issues, *Proceedings of the International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, I-SMAC 2017*, 2017, 492–496.
- [42] Yıldız A., Industry 4.0 and smart factories, *Sak. Univ. J. Sci.*, c. 22, sayı 2, 1–1, Nis. 2018.
- [43] Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M., Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions, *Futur. Gener. Comput. Syst.*, c. 29, sayı 7, 1645–1660, 2013.
- [44] Gluhak A., Krco S., Nati M., Pfisterer D., Mitton N., Razafindralambo T., A Survey on Facilities for Experimental Internet of Things Research, *IEEE Commun. Mag.*, c. 49, sayı 11, 58–67, 2011.
- [45] Aydın A., Eğitim Ortamlarındaki Fiziksel Değişkenlerin Nesnelerin İnterneti Uygulaması Kullanılarak Öğrenciler Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2017,463100.
- [46] Küçük K., Çelik B., Bayılmış C., Nesnelerin İnterneti Teknolojileri ile Gerçek Zamanlı Okul Servisi ve Öğrenci Takip Sistemi Tasarımı, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.*, c. 6, sayı 4, 1211–1223, 2018.
- [47] Atzori L., Iera A., Morabito G., The Internet of Things: A Survey, *Comput. Networks*, c. 54, sayı 15, 2787–2805, 2010.
- [48] Dilek S., Nesnelerin İnterneti Tabanlı Uzaktan Sağlık İzleme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2017, 460930.
- [49] <https://www.teknomani.com/2014/12/internet-of-things.html>. (Ziyaret tarihi : 13 Aralık 2018).

- [50] Lin H., A Review of Travel-Time Prediction in Transport and Logistics, *Proceedings East. Asia Soc. Transp. Stud.*, c. 5, sayı January 2005, 1433–1448, 2005.
- [51] Whitmore A., Agarwal A., Da Xu L., The Internet of Things A survey of topics and Trends, *Inf. Syst. Front.*, c. 17, sayı 2, 261–274, 2015.
- [52] Sağ K., An Analysis of The Critical Success Factors for İnternet of Things IoT Projects, Yüksek Lisans Tezi, University of Southampton, Yurtdışı Enstitü, 2015, 402399.
- [53] Albayati A. J. H., Scalable, Secure and Interoperable Design for the Internet of Things, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2016, 424142.
- [54] Erdem Ö., Honeything Nesnelerin İnterneti için Tuzak Sistem, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 424315.
- [55] Bozuklu M., Çevreselveriler ile Gerçek Zamanlı Nesnelerin İnterneti Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 2016, 436403.
- [56] Çağlar K., Nesnelerin İnterneti ile Akıllı Sera Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2018, 521790.
- [57] Torğul B., Nesnelerin İnterneti ile Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Optimizasyonu: Yeni Bir Model Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2015, 418879.
- [58] Torğul B., Şağbanşua L., ve F. B. Balo, Internet of Things: A Survey, *Int. J. Appl. Math. Electron. Comput.*, c. 4, sayı Special Issue-1, 104–104, 2016.
- [59] Borgia E., The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues, *Comput. Commun.*, c. 54, 1–31, 2014.
- [60] Arikan A., Improving Energy Sustainability in Electrical Vehicle Energy Networks and Internet of Things, The University of Connecticut, 2015, 402683.
- [61] Bassi A., Horn G., *Internet of Things in 2020 a roadmap for the future*. 2008.
- [62] Abbasi A. A., Younis M., A Survey on Clustering Algorithms for Wireless Sensor Networks, *Comput. Commun.*, c. 30, sayı 14–15, 2826–2841, 2007.
- [63] Kalaycı T. E., Kablosuz Sensör Ağlar ve Uygulamaları, *Akad. Bilişim '09 - XI. Akad. Bilişim Konf. Bildir.*, 37–46, 2009.



- [64] Günay A., Çok-Etmenli Sistemlerde İletişim, *XIV. Akademik Bilisim Konferansı*, 2007.
- [65] Dikenelli O., Erdur R. C., SABPO: A Standards Based and Pattern Oriented Multi-agent Development Methodology, *Engineering Societies in the Agents World III*, 2003, 213–226.
- [66] Ergün S., Aydoğan T., JADE Etmen Çerçevesinde Çok Etmenli Bir Ders Yönetim Sisteminin SABRO Metodolojisi Kullanılarak Geliştirilmesi Development of A Multi Agent Course Management System on JADE Using JADE Agent Framework, c. 17, sayı 3, 51–55, 2014.
- [67] Akyildiz I. F., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E., Wireless Sensor Networks: A Survey, *Comput. Networks*, c. 38, sayı 4, 393–422, 2002.
- [68] Lim, J. S., Kim, J., Friedman, J., Lee, U., Vieira, L., Rosso, D., Srivastava, M. B, SewerSnort: A Drifting Sensor for in situ Wastewater Collection System Gas Monitoring, *Ad Hoc Networks*, <https://doi.org/10.1016/J.ADHOC.2011.01.016>
- [69] Lalem, F., Aishaikh, M., Bounceur, A., Euler, R., Laouamer, L., Nana, L., Pascu, A., Data Authenticity and Integrity in Wireless Sensor Networks Based on a Watermarking Approach, *Proceedings of the 29th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS 2016*, 2016, ss. 276–281.
- [70] Sharaf M., Abughazala M., Muccini H., Abusair M., An Architecture Framework for Modelling and Simulation of Situational-Aware Cyber-Physical Systems, 2017, c. 10475 LNCS, 95–111.
- [71] Bouakkaz F., Omar M., Bounceur A., Tari A., Secure and Efficient Sharing Aggregation Scheme for Data Protection in WSNs, *2015 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology, ISSPIT 2015*, 2016, 432–437.
- [72] Alwajeeh T., Combeau P., Bounceur A., Vauzelle R., Efficient Method for Associating Radio Propagation Models with Spatial Partitioning for Smart City Applications, *Proceedings of the International Conference on Internet of things and Cloud Computing - ICC '16*, 2016, 1–7.
- [73] Noreen U., Bounceur A., Clavier L., Integration of OFDM Based Communication System with Alpha-Stable Interference using CupCarbon Simulator, *Proceedings of the International Conference on Internet of things and Cloud Computing - ICC '16*, 2016, c. 22–23, 1–8.
- [74] Noreen U., Bounceur A., Clavier L., Modeling interference for wireless sensor Network Simulators, *Proceedings of the International Conference on Future Networks and Distributed Systems - ICFNDS '17*, 2017, c. Part F1305., 1-6.
- [75] <http://www.cupcarbon.com/> (Ziyaret tarihi : 18 Aralık 2017).

- [76] Mehdi K., Lounis M., Bounceur A., Kechadi T., CupCarbon: A Multi-Agent and Discrete Event Wireless Sensor Network Design and Simulation Tool, *Proceedings of the Seventh International Conference on Simulation Tools and Techniques*, 2014, 126–131.
- [77] Bounceur, A., Clavier, L., Combeau, P., Marc, O., Vauzelle, R., Masserann, A., Lounis, M., CupCarbon: A New Platform for The Design, Simulation and 2d/3d Visualization of Radio Propagation and Interferences in IoT Networks, *2018 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, 2018, 1–4.
- [78] <http://pagesperso.univ-brest.fr/~bounceur/anr/persepteur/>.(Ziyaret tarihi : 18 Aralık 2017).
- [79] Lounis M., Laga A., Pottier B., GPU-Based Parallel Computing of Energy Consumption in Wireless Sensor Networks, *European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, 2015, 295–300.
- [80] A. Bounceur, K. Mehdi, M. Lounis, A CupCarbon Tool for Simulating Destructive Insect Movements, *1st IEEE International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM'14)*, 2014, 24–25.
- [81] Bounceur A., CupCarbon, *Proceedings of the International Conference on Internet of things and Cloud Computing - ICC '16*, 2016, 1–1.
- [82] Noreen U., Bounceur A., Clavier L., Kacimi R., Performance evaluation of IEEE 802.15.4 PHY with Impulsive Network Interference in Cupcarbon Simulator, *2016 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, 2016, 1–6.
- [83] Çavdar T., Öztürk E., Nesnelerin İnterneti için Yeni bir Mimari Tasarımı A Novel Architecture Design for Internet of Things., *Sak. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Dergisi*, c. 22, sayı 1, 1–10, 2017.
- [84] Kalyoncu S., Wireless Solutions and Authentication Mechanisms for Contiki Based Internet of Things Networks, 2013.
- [85] Gözüaçık N., Parent-Aware Routing Algorithm for RPL in IoT Network, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 405094.
- [86] Saoudi, M., Lalem, F., Bounceur, A., Euler, R., Kechadi, M. T., Laouid, A., Sevaux, M., D-LPCN: A Distributed Least Polar-Angle Connected Node Algorithm for Finding the Boundary of a Wireless Sensor Network, *Ad Hoc Networks*, c. 56, 56–71, 2017.
- [87] Noreen U., Bounceur A., Clavier L., Modeling Interference for Wireless Sensor Network Simulators, *Proceedings of the International Conference on Big Data and Advanced Wireless Technologies - BDAW '16*, 2016, 1–6.



**EKLER**

## Ek-A

### CupCarbon ile Uygulama Tasarımına ait Kodlar

```
//algılayıcı.csc
```

```
loop  
dreadsensor x  
if($x==1)  
send 1  
else  
send 0  
end  
delay 1000
```

```
//yonlendir.csc
```

```
loop  
wait  
read v  
send $v
```

```
//sonucyazdır.csc
```

```
loop  
wait  
read rp  
rdata $rp v  
if($v==1)  
print Algılandı  
else  
print Beklemede  
end
```

## Ek-B

### Bir Düğümün Koordinatlarını İsteme Uygulamasına ait Kodlar

```
//verici2.csc
```

```
//Başlangıç düğümü (S90) komut dosyasına ait kodlar
```

```
atget id id
```

```
data d $id A 76
```

```
send $d
```

```
loop
```

```
wait
```

```
read m
```

```
rdata $m rid type x y
```

```
if ($type==B)
```

```
mark 1
```

```
print $x $y
```

```
stop
```

```
end
```

```
//alıcı2.csc
```

```
//Diğer algılayıcı düğümlerin komut dosyası ait kodlar
```

```
getpos p
```

```
atget id id
```

```
set recA 0
```

```
loop
```

```
wait
```

```
read m
```

```
rdata $m rid type info info2
```

```
if(($type==A) && ($recA==0))
```

```
set recA 1
```

```
if($info==$id)
```

```
mark 1
```

```
print $p
```

```
data d $id B $p
```

```
send $d $rid
else
set prev $rid
data d $id A $info
send $d
end
end
if($type==B)
mark 1
data d $id B $info $info2
send $d $prev
end
```



## Ek-C

### Hareket Halindeki Araçlardan Konum Bilgisi Alma Uygulamasına Ait Kodlar

**//Konumgonder.csc**

```
loop
atget id id
getpos2 x y
set aracno $id
time x
int zaman $x
data konum $id $aracno $zaman $x $y
send $konum
printfile $zaman $x $y
delay 1000
```

**//algılayıcı.csc**

```
atget id id
loop
wait
read okukonum
rdata $okukonum rid oaracno ozaman x y
data yenikonum $id $oaracno $ozaman $x $y
send $yenikonum * $rid
delay 1000
```

**//yonlendir.csc**

```
atget id id
loop
wait
read d
rdata $d rid oaracno ozaman x y
data yd $id $oaracno $ozaman $x $y
send $yd * $rid
```

**//Baz\_istasyonu.csc**

```
set sonkonum nolu_aracin
loop
wait
read al
rdata $al rid saracno szaman x y
printfile $saracno $sonkonum $szaman . saniyedeki konumu: $x $y
delay 1000
```

## **Ek-D**

### **Binalardaki kişi yoğunluğunun tespit edilmesine ait kodlar**

#### **//Hareket\_Algila.csc**

```
atget id id
set tur KS
loop
dreadsensor s
if ($s==1)
data p $id $s $tur
send $p
delay 1000
else
delay 1000
end
```

#### **//yonlendir.csc**

```
atget id id
loop
wait
read rp
rdata $rp rid v tur
data p $id $v $tur
send $p * $rid
```

#### **//kisisay.csc**

```
set mesaj Binaya_giren_Toplam_kisi_sayısı:
set i 0
loop
wait
read rp
rdata $rp rid v tur
```



```
inc i  
print $i  
printfile $mesaj $i $tur  
delay 1000
```



## Ek-E

### Barajlardaki su verimliliği için barajların doluluk oranlarının tespitine ait kodlar

```
//SeviyeAl.csc
atget id id
set tur BS
loop
areadsensor deger
if($deger!=X)
rdata $deger a b c
if($b==32)
set isim BICKIDERE
end
if($b==33)
set isim KIRAZDERE
end
if($b==34)
set isim BAYRAKTAR
end
if($b==35)
set isim KETENCE
end
if($b==36)
set isim TAHTALI
end
time t
int zaman $t
int tc $c
data d $id $zaman $isim $tc $tur
send $d
delay 1000
end
//yonlendir2.csc
atget id id
loop
wait
read rp
rdata $rp rid rzaman ois v tur
data p $id $rzaman $ois $v $tur
if($id==68)
send $p 69
else
if($id==52)
send $p 68
else
send $p * $rid
```

```
end
//yonlendir.csc
atget id id
loop
wait
read rp
rdata $rp rid rzaman ois v tur
data p $id $rzaman $ois $v $tur
send $p * $rid
//sonucyazdir.csc
set s dakikadaki
set seviye Barajinin_seviyesi_yuzde
loop
wait
read rd
rdata $rd rid rzaman ois a
printfile $rzaman . $s $ois $seviye $a
delay 1000
```

## Ek-F

### IoT Temelli Akıllı Şehir Uygulamasına ait kodlar

#### //Araç Konum ve Mesaj Bilgisi için Kullanılan Kodlar

##### //Arac\_Konum\_gonder.csc

```
loop
atget id id
getpos2 x y
set aracno $id
set tur AK
time x
int zaman $x
data konum $id $tur $aracno $zaman $x $y
send $konum
printf $zaman $x $y
delay 1000
```

##### //arac\_algıla.csc

```
atget id id
loop
wait
read okukonum
rdata $okukonum rid rtur oaracno ozaman x y
data yenikonum $id $rtur $oaracno $ozaman $x $y
send $yenikonum * $rid
atget id id
```

##### //Arac\_Yonlendir.csc

```
loop
wait
read d
rdata $d rid rtur oaracno ozaman x y
data yd $id $rtur $oaracno $ozaman $x $y
if($id==120)
send $yd 120
else
send $yd * $rid
end
```

##### //arac\_LORA\_gonder.csc

```
atget id id
loop
wait
read d
rdata $d rid rtur oaracno ozaman x y
data yd $id $rtur $oaracno $ozaman $x $y
radio radio2
send $yd 8
radio radio1
```

#### //Binadaki Kişi Sayısı Tespiti için Kullanılan Kodlar

##### //Kisi\_Hareket\_Algıla.csc

```
atget id id
```

```

set tur KS
loop
dreadsensor s
if ($s==1)
data p $id $tur $s
send $p
delay 1000
else
delay 1000
end
//KisiYonlendir.csc
atget id id
loop
wait
read rp
rdata $rp rid rtur v
data p $id $rtur $v
radio radio3
send $p 8
radio radio2
//Baraj için Kullanılan Kodlar
//SeviyeAl.csc
atget id id
set tur BS
loop
areadsensor deger
if($deger!=X)
rdata $deger a b c
if($b==32)
set isim BICKIDERE
end
if($b==33)
set isim KIRAZDERE
end
if($b==34)
set isim BAYRAKTAR
end
if($b==35)
set isim KETENCE
end
if($b==36)
set isim TAHTALI
end
time t
int zaman $t
int tc $c
data d $id $tur $zaman $isim $tc
send $d
delay 60000

```

end

**//yonlendir.csc**

```
atget id id
loop
wait
read rp
rdata $rp rid rtur rzaman ois v
data p $id $rtur $rzaman $ois $v
send $p * $rid
```

**//yonlendir2.csc**

```
atget id id
loop
wait
read rp
rdata $rp rid rtur rzaman ois v
data p $id $rtur $rzaman $ois $v
if($id==68)
send $p 69
else
if($id==52)
send $p 68
else
send $p * $rid
end
```

**//Tüm düğümlerden Gelen Verilerin Yazdırılması**

**//sonucyazdir.csc**

```
set s dakikadaki
set seviye Barajinin_seviyesi_yuzde
set mesaj Binaya_giren_Toplam_kisi_sayisi:
set i 0
set sonkonum nolu_aracin
loop
wait
read al
rdata $al rid rtur p1 p2 x y
if ($rtur==BS)
printfile $p1 . $s $p2 $seviye $x
end
if ($rtur==KS)
inc i
print $i
printfile $mesaj $i
end
if ($rtur==AK)
printfile $p1 $sonkonum $p2 . saniyedeki konumu: $x $y
end
```

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Akkurt M.**, Küçük K., IoT Teknolojileri Temelli Akıllı Şehir Uygulamalarının CupCarbon ile Benzetimi, *III. Uluslararası Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Konferansı (UBMK 2018)*, Saraybosna, Bosna-Hersek, 20-23 Eylül 2018.



## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Mardin ili Midyat İlçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Midyat'ta tamamladı. 2005 yılında girdiği Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitimi Fakültesi Bilgisayar Öğretmenliği Bölümü'nden 2010 yılında, daha sonra 2014 yılında girdiği Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden de Tamamlama yaparak 2016 yılında Bilgisayar Mühendisi olarak mezun oldu. 2012 yılından beri Şırnak Üniversitesinde memur olarak görev yapmaktadır.

