

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ ULAŞIM
PLANLANMASINDA AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE TEKNOLOJİLERİNİN
UYGULANMASI**

Mehmet ÜNEŞ

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı

AĞUSTOS 2021

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ ULAŞIM
PLANLANMASINDA AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE TEKNOLOJİLERİNİN
UYGULANMASI**

Mehmet ÜNEŞ

DANIŞMAN
Dr.Öğr.Üyesi Cemil KÖZKURT

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı

AĞUSTOS 2021

ONAY

Mehmet ÜNEŞ tarafından hazırlanan “Bandırma Onyedİ Eylöl Üniversitesi Merkez Yerleşkesi Ulaşım Planlanmasında Akıllı Ulaşım Sistemleri Ve Teknolojilerinin Uygulanması” adlı tez çalışması 04/08/2021 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bandırma Onyedİ Eylöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Dr.Öğr.Üyesi Cemil KÖZKURT
(Danışman)

Prof.Dr. Mehmet TEKTAŞ
(Üye)

Dr.Öğr.Üyesi Melih Naci AĞAOĞLU
(Üye)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah YEŞİL

Enstitü Müdürü

BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS
ETİK BEYANI

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Merkez Yerleşkesi Ulaşım Planlanmasında Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojilerinin Uygulanması”adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 23/06/2021

Mehmet ÜNEŞ
İmza

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında bana yardımcı olan başta anabilim dalı başkanımız Prof.Dr. Mehmet TEKTAŞ'a ve danışman hocam Dr. Cemil KÖZKURT'a, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç.Dr. Bülent BÜYÜK'e, desteğini esirgemeyen Ömer Faruk EĞRİ ve Sezer ÜNAL'a, yerleşke projeleri üzerinde çalışmama izin veren Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanı Mustafa Alparılan İMAMOĞLU ve mesai arkadaşlarıma, manevi desteklerini esirgemeyen eşim ile çocuklarıma teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ ULAŞIM PLANLANMASINDA AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE TEKNOLOJİLERİNİN UYGULANMASI

Mehmet ÜNEŞ

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT

Ağustos 2021, 94 sayfa

Teknoloji çağında yaşıyor olmamız her alanda olduğu gibi ulaşım planlanması ve çözümlerinde de kendini sürekli yenileyen bilimsel gelişmeleri kullanmamızı kaçınılmaz hale getirmektedir. Artan insan nüfusu ve şehirlere olan göç sonrasında mevcut ulaşım alt yapıları artık yetersiz gelmektedir. Büyükşehirlerde yönetimler çözüm üretmeye çalışıyor olsa da ön görülemeyen hızlı göç ve kent insanların ihtiyaçlarını karşılayacak yerleşim planlamaları yapılmaması şehir hayatını karmaşaya dönüştürmektedir. Şehir planlaması yapılırken üniversiteler de bu plan içerisinde düşünülerek yapılmalıdır. Ülkemizde, üniversitelerin büyük şehirlerde kurulması ve zamanla gelişmesi bu şehirlere olan nüfus göçünü de beraberinde getirmektedir. Birçok üniversite yerleşkesi dağınık plana sahip olduğu için artık bulunduğu alana sığamaz hale gelmiş ve yeni yerleşke alanları oluşturmaya başlamıştır. Yerleşke alanlarını planlarken, kıymetli olan bu alanların verimli kullanılması gerekmektedir. Yerleşke içi ulaşımında ve yerleşkelerin kent merkezleri ile olan ulaşımında, akıllı ulaşım sistemlerinin ve teknolojilerinin kullanılması ile hem zaman verimliliği hem de kıymetli alanlardan daha fazla verim alınması sağlanacaktır. Bu çalışmada yerleşkelerin bilimsel ve teknolojik gelişime katkısı

bağlamında, bünyesinde ve şehirler arasında uygulanan ve uygulanabilecek akıllı ulaşım teknolojileri anlatılarak ya da önerilerek gelecekte ele alınacak yerleşke ulaşım planlamalarındaki akıllı ulaşım sistemlerinin ve teknolojilerinin uygulanmalarına kaynak oluşturmak amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Üniversite, Yerleşke, Akıllı ulaşım



ABSTRACT

M.Sc. THESIS

USING INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM AND TECHNOLOGIES IN BANDIRMA ONYEDI EYLUL UNIVERSITY CAMPUS TRANSPORTATION PLANNING

Mehmet ÜNEŞ

**Bandırma Onyedi Eylül University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Intelligent Transportation System**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Cemil KÖZKURT

August 2021, 94 Pages

The fact that we live in the age of technology makes it inevitable for us to use constantly renewing scientific developments in transportation planning and solutions. After the increasing human population and migration to cities, the existing transportation infrastructures are no longer sufficient. Although the administrations in the metropolitan areas are trying to find solutions, the unpredictable rapid migration and the lack of settlement plans to meet the needs of the city people turn city life into chaos. While city planning is being done, universities should be made by considering this plan. In our country, the establishment of universities in big cities and their development over time bring population migration to these cities. Since many university campuses have a scattered plan, they can no longer fit into the area they are in and have started to create new campus areas. While planning the campus areas, these valuable areas should be used efficiently. Using smart transportation systems and technologies for intra-campus transportation and transportation between campuses and city centers will both create time efficiency and enable better use of valuable areas. In this study, in the context of the contribution of the campuses to scientific and technological development, it is aimed to create

a resource for the applications of smart transportation systems and technologies in the campus transportation plans, which will be discussed in the future by explaining or suggesting the smart transportation technologies that can be applied within the campuses and intercity.

Keywords: University, Campus, Intelligent transportation



İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	III
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİL LİSTESİ	X
KISALTMA LİSTESİ.....	XII
1. AKILLI ULAŞIM SİSTEMİ.....	1
1.1. AKILLI ULAŞIM SİSTEMİ TANIMI.....	2
1.1.1. AUS'un Hayatımızdaki Yeri	2
1.1.2. AUS'un Sağladığı Faydalar.....	3
1.2. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	4
1.2.1. 1980 'lerde Akıllı Ulaşım Sistemleri	6
1.2.1.1. Navigasyon ve Haritalama Teknolojileri	6
1.2.1.2. Döngü Dedektörleri.....	6
1.2.1.3. Ramp Meters	7
1.2.1.4. Trafik Yönetim Merkezleri	8
1.2.2. 1980 Sonrası Akıllı Ulaşım Sistemleri	8
1.2.2.1. Otomatik Trafik Takip ve Denetleme Sistemleri	9
1.2.2.2. Trafik Sinyalizasyonu Yönetimi ile Yakıt Verimliliği Sağlanması.....	9
1.2.3. 1990 Sonrası Akıllı Ulaşım Sistemleri	10
1.2.3.1. Fast-Trac Uygulaması.....	10
1.2.3.2. TravTek Uygulaması	10
1.2.3.3. Pathfinder Uygulaması	11
1.2.3.4. Advantage I-75 Koridor Yol Projesi	11
1.2.3.5. Elektronik Ücret Toplama	11
1.2.3.6. E-ZPass	12

1.2.4. 2000 Sonrası Akıllı Ulaşım Sistemleri	12
1.2.4.1. Sürücü Yardım Sistemleri	12
1.2.4.2. Uluslararası Seyahat Bilgileri Telefon Numarası	13
1.2.4.3. Clarus	13
1.2.4.4. Entegre Koridor Yönetimi	14
1.2.4.5. Trafik Tıkanıklık Girişimi	14
1.2.5. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Günümüzdeki Durumu	15
1.2.6. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Ülkemizde Tarihsel Gelişimi.....	17
1.2.7. Dünyada Akıllı Ulaşım Uygulamalarının Değerlendirilmesi.....	18
1.2.7.1. Çin’de Akıllı Ulaşım Uygulamaları	18
1.2.7.2. Japonya’da Akıllı Ulaşım Uygulamaları.....	19
1.2.7.3. Avrupa’da Akıllı Ulaşım Uygulamaları	23
2. AUS İÇİN KULLANILAN TEKNOLOJİLER.....	25
2.1. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNDE TASARIM, MODELLEME VE SİMÜLASYON TEKNİKLERİ	25
2.1.1. Trafik Akımı Modelleri	26
2.1.1.1. Makroskopik Akım Modeli.....	26
2.1.1.2. Mikroskopik Akım Modeli.....	27
2.1.1.3. Mesoskopik Akım Modeli.....	28
2.1.2. Mikroskopik Trafik Modelleme Simülasyon Programları	28
2.1.2.1. CORSIM Simülasyon Yazılımı	30
2.1.2.2. VISSIM Simülasyon Yazılımı	30
2.1.2.3. AIMSUN Simülasyon Yazılımı	30
2.1.2.4. PARAMICS Simülasyon Yazılımı	31
2.1.3. Simülasyon Yazılımlarının Mukayese Edilmesi.....	31
2.1.4. Mikroskopik Akım Modellerinin Kullanılmasının Avantajları	31
2.1.5. Simülasyon Modellerinin Genel Değerlendirmesi	34

2.2. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ TASARIMINDA OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ	35
2.3. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN GELECEĞİ	38
2.3.1. Gelecekteki Potansiyel Çalışma Sahaları	39
2.3.1.1. Simülasyon ve Modelleme	40
2.3.1.2. Gezgin Bilgisi	40
2.3.1.3. Trafik Yönetimi	40
2.3.1.4. Araçlarda Kullanıcı Davranışı	41
2.3.1.5. Tam Otomatik Sistemler	41
3. YERLEŞKELER	42
3.1. ÜNİVERSİTE VE YERLEŞKELERİN TARİHSEL GELİŞİMİ	42
3.2. ÜNİVERSİTELERİN NİTELİKLERİ VE TOPLUMUN GELİŞMESİNDEKİ ROLÜ	46
3.3. ÜNİVERSİTE VE YERLEŞKELERİN BULUNDUKLARI KENT İLE İLİŞKİSİ	46
3.4. ÜNİVERSİTE YERLEŞKELERİNİN KONUMUNUN BELİRLENMESİ	47
3.5. YERLEŞKE TASARIMINA BÖLGENİN DOĞAL VERİLERİNİN ETKİSİ	48
3.5.1. Topoğrafik durum	48
3.5.2. İklimsel Faktörler	49
3.5.3. Yerleşke Yerleşim Şemaları	49
3.5.3.1. Yaygın Yerleşke Şeması	49
3.5.3.2. Merkezi Yerleşke Şeması	50
3.5.3.3. Moleküler Yerleşke Şeması	51
3.5.3.4. Şebeke Yerleşke Şeması	52
3.5.3.5. Lineer Yerleşke Şeması	53
3.5.3.6. Haç Tipi Yerleşke Şeması	54
3.6. YERLEŞKE ULAŞIM AĞININ TASARLANMASI	55
3.6.1. Yerleşke Girişi	56

3.6.2. Araç Yolları.....	56
3.6.3. Yaya Yolları.....	57
3.6.4. Bisiklet Yolları.....	58
3.6.5. Otopark Alanları.....	59
3.6.6. Yerleşke İçi Yönlendirme ve Bilgi Tabelaları	60
3.7. YERLEŞKE ULAŞIM AĞI TASARIMINDA AUS TEKNOLOJİLERİNİN KULLANILMASI	62
3.7.1. Yerleşke Mobil Uygulamaları.....	62
3.7.2. Yerleşke İçi Akıllı Duraklar.....	62
3.7.3. Yerleşke İçi Akıllı Kavşaklar	63
3.7.4. Yerleşke İçi Akıllı Otoparklar	64
3.7.5. Yerleşke İçi Araç Şarj İstasyonları	65
3.7.6. Yerleşke İçi Hız Kesici Akıllı Kasisler	66
3.7.7. Yerleşke İçi Ulaşım Otonom Araçların Kullanılması	67
3.8. BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ'NE GENEL BAKIŞ	68
3.8.1. Alana Ait Veriler.....	69
3.8.1.1. Yerleşke Alanının Doğal Verileri.....	69
3.8.1.2. BANÜ Yerleşkesinin Kent İçindeki Konumu	70
3.8.1.3. BANÜ Yerleşkesi İçin Tasarlanan Master Planı.....	71
3.8.1.4. BANÜ Yerleşkesinin Çevre Yolu ile Bağlantısı.....	72
3.8.1.5. BANÜ Yerleşkesinin Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yolu ile Bağlantısı.....	73
3.8.1.6. BANÜ Yerleşkesi Mevcut Giriş Kapısı	74
3.8.1.7. BANÜ Yerleşkesi Güvenlik Tarama Noktası	74
3.8.2. BANÜ Ulaşım Ağı Tasarım Önerisi	75
3.8.2.1. Yerleşke Ulaşım Senaryosu	76
3.8.2.2. Yerleşke İçi Ring Hatları.....	77
3.9. BANÜ YERLEŞKE TASARIMINDA AUS KULLANIMI	79

3.9.1. Yerleşke – Şehir Bağlantısı: Modlar Arası Ulaşım Önerileri	79
3.9.2. Yerleşke Girişi Önü AUS Uygulama Önerileri	80
3.9.3. Yerleşke Girişinde AUS uygulama Önerileri	81
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	85
5. KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	94



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1-1: AUS'un Tarihsel Gelişimi.....	5
Şekil 1-2: Endüktif Döngü Dedektörü	7
Şekil 1-3: Ramp Meters	8
Şekil 1-4: Otomatik Trafik Denetleme Sistemi Örneği.....	9
Şekil 1-5: Otonom Sürüş Seviyeleri	17
Şekil 1-6: Isuzu Şirketinin Mimamori-kun hizmeti	22
Şekil 1-7: Japonya'da yakın gelecekte yapılması planlanan yeni nesil multimodal taşımacılık sistemi	23
Şekil 2-1: VISSIM Programı Kullanıcı Ara yüzü	29
Şekil 2-2: Örnek Güzergah Modeli.....	32
Şekil 2-3: Simülasyon Sisteminin Etapları.....	33
Şekil 3-1: Bologna (1088).	44
Şekil 3-2: Paris Üniversiteleri.....	44
Şekil 3-3: Karaviyyun Üniversitesi	45
Şekil 3-4: Yağıbasan Medresesi.	45
Şekil 3-5: Fatih Külliyesi planı.....	46
Şekil 3-6: Atatürk Üniversitesi vaziyet planı.	47
Şekil 3-7: Yaygın yerleşke şeması	51
Şekil 3-8: Twente Yüksek Okulu planı.....	51
Şekil 3-9: Merkezi yerleşke şeması	52
Şekil 3-10: Loughborough Üniversitesi planı.....	52
Şekil 3-11: Moleküler yerleşke şeması.....	53
Şekil 3-12: San Diego Üniversitesi planı.....	53
Şekil 3-13: Şebeke yerleşke şeması	54
Şekil 3-14: Freie Üniversitesi.....	54

Şekil 3-15: Lineer yerleşke şeması	55
Şekil 3-16: Illinois State Üniversitesi	55
Şekil 3-17: Haç tipi yerleşke şeması.....	56
Şekil 3-18: Bochum Üniversitesi Üniversitesi planı	56
Şekil 3-19: Anadolu Üniversitesi Eskişehir	58
Şekil 3-20: Brigham Young University.....	58
Şekil 3-21: Birinci Bisiklet Yolu Modeli.....	59
Şekil 3-22: İkinci Bisiklet Yolu Modeli.....	60
Şekil 3-23: Üçüncü Bisiklet Yolu Modeli.....	60
Şekil 3-24: Capital-One-Campus-Aerial	61
Şekil 3-25: Claverton Down kampüsü ziyaretçi otoparkı.....	61
Şekil 3-26: Yönlendirme tabelaları.....	62
Şekil 3-27: Bilgi tabelaları	62
Şekil 3-28: Akıllı duraklar	64
Şekil 3-29: Akıllı kavşaklar	65
Şekil 3-30: Akıllı otopark.....	66
Şekil 3-31: Hızlı şarj istasyonu	67
Şekil 3-32: Akıllı hız kesici kasis	68
Şekil 3-33: Otonom araçlar	68
Şekil 3-34: Çalışma alanı parselleri	69
Şekil 3-35: Çalışma alanı çevresi.....	69
Şekil 3-36: Çalışma alanı doğal veri	71
Şekil 3-37: Çalışma alanının kent içindeki konumu	72
Şekil 3-38: Çalışma alanı Master Planı	72
Şekil 3-39: Çalışma alanı Master Planı	73
Şekil 3-40: Yerleşkeye mevcut ulaşım yolu	74
Şekil 3-41: Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve Yerleşke Girişi	74
Şekil 3-42: Merkez Yerleşke giriş kapısı	75
Şekil 3-43: Yerleşim planı tasarımı önerisi	77
Şekil 3-44: 1.Ring hattı.....	78
Şekil 3-45: 2.Ring hattı.....	78
Şekil 3-46: 3.Ring hattı.....	79
Şekil 3-47: 1/5000 Bandırma nazım imar planı	80
Şekil 3-48: Akıllı çözüm uygulama noktaları	84

KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AIMSUN	: Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks
ARCS	: Otomatik Rota Kontrol Sistemi
ARGE	: Araştırma ve geliştirme
ARI Bilgi Sistemi)	: Autofahrer Rundfunk Informationssystem (Otomobil Sürücü Yayın
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
BANÜ	: Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
BUSSIM	: Bus Driving Simulator (Otobüs Sürüş Simülatörü)
BYU	: Brigham Young University
CACS	: Comprehensive Automobile Traffic Control System
CO ₂	: Karbondioksit
CORSIM	: Koridor mikroskopik simülasyonu
DAIR	: Driver Aid, Information & Routing
DSRC	: Dedicated short-range communications
E-Zpass	: Kuzeydoğu Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan elektronik bir ücret toplama sistemi
EGO	: Ankara Elektrik, Havagazı ve Otobüs İşletme Müessesesi

ERTICO	: European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organisation
FETSIM	: Fuel-Efficient Traffic Signal Management
FRESIM	: Abbreviated for FREeway SIMulation
GPS	: Global Positioning System
GSYH	: Gayri Safi yYurt içi Hasıla
HGS	: Hızlı Geçiş Sistemi
ICM	: Ignition Control Module
ITS	: Intelligent Transportation System
IVBSS	: Integrated Vehicle-Based Safety Systems
İİBF	: İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KSU	: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Mkarp	: Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemi
MOBİETT	:İstanbul Büyükşehir Belediyesi İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nün geliştirdiği anlık toplu ulaşım bilgisini, otobüs konum sunucusu, durak bilgi sunucusu ve otobüs- hat-durak analiz sunucusu ile almanızı sağlayan uygulama
NAVTEQ	:Amerikan Chicago merkezli coğrafi bilgi sistemi (GIS) verisi sağlayıcısı ve temel elektronik gezinebilir haritaların ana sağlayıcısı
NP	: Karmaşıklık
NETSIM	: NETwork SIMulation
OCR	: Optik Karakter Algılama
OGS	: Otomatik Geçiş Sistemi
PARAMICS	: Paralel Mikroskopik Simülasyon
RACS	: Road Automobile Traffic Control System

GOSS	: Sinyal Ayarlarının Global Optimizasyonu
TAP	: Trafik Atama Problemi
TDU	: Talep Duyarlı Ulaştırma
TYM	: Trafik Yönetim Merkezi
Uber	: Akıllı telefon üzerinden hizmet veren bir yolcu taşıma uygulamasıdır
USDOT	: US Department of Transportation
VICS	: Vehicle Information and Communication System
VISSIM	: Mikroskopik Trafik Simülasyon Yazılımı
VRP	: Vehicle Routing Problem
Waze	: GPS destekli bir navigasyon yazılımı
Web	: World Wide Web
X-RAY	: X-Işını

1. AKILLI ULAŞIM SİSTEMİ

Ulaşım, insanlık hikayesinin şüphesiz en önemli başlığıdır. İnsan yeryüzünde yaşamaya başladığı günden şu ana kadar sürekli keşfetme arzusu ile hareket etmektedir. Ekonomik, sosyal ve kültürel olarak ilişkilerini geliştirme motivasyonu ile hareket eden insanın; bu yüzyılın başında motorlu taşıtları kullanmasıyla bu keşif ve hareketlilik daha da bir hız kazanmıştır. Böylece ulaşımda endüstriyel ve radikal değişiklikler ortaya çıkmıştır. Kentli insanın hem iş hem de seyahat maksadı ile yeni bir yaşam tarzı ortaya koyduğu bu düzende hareketliliği taşıyacak olan ağların çok iyi planlanarak uygulamaya konulması gerekmektedir. Özellikle büyükşehirlerin plansız büyümesi veya kurulması nedeniyle yolların dar, yeşil alanların kısıtlı olduğu, stratejik öneme sahip alanlarda alternatif güzergâhların bulunmayışı ve yol ağı planlamasının yapılmaması bu karmaşıklığı ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple trafik sorunu yaşayan insanların günlük yaşamları bir karmaşaya dönüşmüştür. Çalışmanın merkezi bu sorunlardan oluşmaktadır. Bu gerçeğe bağlı olarak şehirleşen insanlar bir takım ulaşım sorunları yaşamaya başlamışlardır. Bu sorunlar, bireysel yaşam kalitesinde düşüşe neden olmakla birlikte aynı zamanda toplumsal problemleri de beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak ekonomik sistem büyüdükçe beraberinde daha fazla kaynak ihtiyacını getirmekte ve haliyle kaynak temini maksadıyla mobilize artmaktadır.

Dünya genelinde özellikle de gelişmiş ülkelerde ulaşım problemlerinin çözümü için büyük çalışmalar yapılmış ve çalıştaylar düzenlenmiştir. Bütün dünya genelinde araç sayısında meydana gelen büyük artış yollardaki trafik kontrol sistemlerinin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur. Şehirlerarası yolların günümüz ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde organize edilmesi ile birlikte şehir içi ulaşımında yeniden düzenlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Dünyada artan kentleşme ve araç sayılarındaki hızlı artış, trafik komuta ve kontrol sistemlerinin değerini daha anlaşılır kılmaktadır. Toplumsal yaşam içerisinde kentsel ve bölgesel hareketliliğin ve artan çok sayıda araçların oluşturduğu karmaşanın çözülmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmalar ışığında yapılacak olan tek bir şey vardır; sistematik olarak ulaşım ağı ile ihtiyaç planlamasının eş zamanlı yürütülmesidir.

Günümüzde Akıllı Ulaşım Sistemleri üzerine geliştirilen birçok yöntem ve üretilen akademik çalışma yine de bu soruna ilişkin kesin bir çözüm üretememiş olmakla birlikte hala bir sorun olarak önümüzde durmaktadır. Trafik tıkanıklığı sorunu; sosyal, ekonomik ve çevresel etkenlerle toplumun yaşam kalitesini etkilemektedir. Trafik sıkışıklığı sorununu hafifletmek için Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS), dünyadaki ulaşım sistemlerini iyileştirmek ve

kolaylaştırmak için ortaya çıkmıştır [1]. Ulaşım sektöründe önemli olan karar almak değil, doğru veriler ışığında ihtiyacı karşılayacak en verimli çözümü bulmaktır. Bu anlamda deneysel ortamda simülasyon tekniklerini kullanarak çözüm üretmek ve bu çözümleri test etmek büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Simülasyon yardımı ile problemin en başından en sonuna kadar iki nokta arasındaki en kısa, en konforlu ve verimli yolun seçilmesi kolaylaşmaktadır. Böylece simülasyon, hedeflenen çözüm için en akılcı yolu görmemizi, her zaman yeni çözümler üretilmesini sağlamaktadır. Üretilen algoritmalar bu bağlamda düşünülebilir. Önerilen algoritmaları kullanarak araçların seyahat ettiği zamanları hesaplayabiliriz böylece iki nokta arasındaki en akılcı yolu da bulabiliriz.

1.1. AKILLI ULAŞIM SİSTEMİ TANIMI

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (2017). Akıllı Ulaşım Sistemleri Terimleri Sözlüğü'ne göre Akıllı Ulaşım Sistemi (AUS), bilgi ve iletişim teknolojilerinin ulaşım modlarında kullanılmasıdır [2]. Akıllı ulaşım kısaca tanımlanacak olursa, kaba inşaat yol yapımı başlangıcından son kullanıcı olan sürücülerin davranışsal analizlerine kadar bir bütün olarak ortaya konulan elektronik ve bilişim teknolojilerinin kullanıldığı bütüncül bir sistem olarak adlandırılabilir. Günümüz teknolojik gelişmeler ışığında yaşanan nüfus artışı ile beraber ortaya çıkan trafik kargaşası beraberinde çözüm üretilmesi zorunluluğuna doğurmuştur. Sonuç olarak ekolojik dengenin bozulması zaman ve kaynak israfı toplumların refah seviyesini aşağıya çekmekte yaşam kalitelerinde düşürmektedir. Bu sebeple akıllı ulaşım sistemleri refah seviyesini aşağıya çeken yaşam kalitesini düşüren ulaşım karmaşasını çözmek amacıyla literatürde kendisine yer bulmuştur. Bu sistemlerin modellenmesi ve yenilikçi uygulamalarla entegre edilmesi geleneksel sistemlerde uygulananın aksine Karşımıza etkileşimli bir sistem çıkarmıştır. Akıllı Ulaşım Sistemi olarak adlandırılan bu kavram, hayatımızı iyileştirmek ve taşımayı daha güvenli, daha verimli, konforlu ve ekosisteme saygı duymak için yenilikçi çözümler sunmaktadır [3].

1.1.1. AUS'un Hayatımızdaki Yeri

Dünya genelinde yaşanan teknolojik değişim ve dönüşüm birçok alanda başka amaçlarla kullanılan yeni ürünler ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Haberleşme, ulaşım, sağlık ve eğlence gibi insan yaşamının odağında yer alan birçok alanda “akıllı” kavramı ile beraber kullanılan

sistemler bu bağlamda düşünülebilir. Söz konusu yenilikler hayatı kolaylaştırdığı gibi emek tasarrufu da sağlamaktadır [1].

Endüstriyel sahada kullanılan sistemler sıklıkla ulaşım sektöründe karşımıza çıkmaktadır. Ulaşım sektöründe tercih sebebi olan yeni teknolojik sistemler, içerisinde akıllı bilişimi barındırmaktadır. Diğer bir deyişle akıllı bilişim, akıllı ulaşım sistemleri olarak hayatımızda yer almaktadır. Akıllı bilişim, günlük yaşam içerisinde her ne kadar yeni bir kavram gibi görünse de esasen altyapısı üzerinde uzunca bir süredir çalışılan alandır. İnsanların günlük ulaşım ihtiyaçlarının giderilmesi noktasında kurgulanan modelde bu sisteme fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri, mobilitayı sağlamak adına, mantıksal zekaya duyulan ihtiyaçtan dolayı fiziken denetim yapan insanı sahadan çekerek bütün sevk ve idareyi sisteme yüklemektedir. Söz konusu akıllı ulaşım sistemleri ile yolcu, taşıt, yol ve koordinasyon merkezi arasında entegrasyon sağlanmaktadır [4, 1].

1.1.2. AUS'un Sağladığı Faydalar

Günümüzde artan nüfus ve araç sayıları nedeniyle AUS'un kullanılması zorunlu hale gelmiştir [5]. AUS'un bileşeni olarak nitelendirilebilecek sistemler, bireylerin seyahat serbestliğini sağlarken ulaşımın daha güvenli, maliyet, enerji, zaman ve yol açısından daha verimli, daha çevreci ve daha konforlu olması için çalışmaktadırlar. Öte yandan mevcut canlı sistem içerisinde sonuçları itibariyle birçok olumlu yanı da bulunan AUS modeli günümüzde trafiğin bir parçası haline gelmiştir. Söz konusu sistemlerin kullanılmaya başlanması ile beraber;

- Tekil kullanıcıların ödeme noktalarındaki yığılmaları engellenmiştir.
- Kamera denetim ve gözetim sistemleri sayesinde kural ihlalleri en aza indirilmiştir.
- Yolcuların seyahat güvenliği ve konforu sağlanmıştır.
- En önemlisi verimli bir ulaşım sistemi sayesinde enerji tasarrufu sağlandığı gerçeği ülke ekonomisi açısından kayda değer bir yere sahiptir.

AUS'un yegane amacı bireylerin seyahat güvenliğini sağlamak, yolcuların konforunu artırmak, yaşanan trafik karmaşasını azaltmak ve yakıt tüketimini düşürmek amacıyla iletişim ve bilişim teknolojileri ile interneti birleştirerek ulaşımı daha erişilebilir hale getirmektir. Görülmektedir ki bu sistemin faydası birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeplerden AUS hem sürücüler hem de yayalar için genel anlamda bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Akıllı Ulaşım Sistemlerini daha iyiye götürmek için çok büyük bir potansiyel mevcuttur. Akademik alanda ortaya konulan raporlar ve bilimsel çalışmalar bize göstermektedir ki Paris'te yapılan ilk Akıllı Ulaşım Sistemleri Kongresi'nden sonra dünyanın birçok ülkesi de halihazırdaki mevcut trafik kontrol sistemlerini geliştirip iyileştirerek uygulamaya koymuştur. Küresel konum paylaşım sistemlerinin yaygınlaşması sonucunda araç içi navigasyon sistemleri ve trafik bilgisi hizmetlerinin sürücülerin kullanımına sunulması ile birlikte öngörülebilir ulaşım modellemeleri hayata geçmiştir. Trafiğin sıkışık olduğu alanlarda sürücüler tercihlerini farklı güzergahları kullanarak zamandan ve yakıttan tasarruf sağlamaktadırlar. Dünya üzerinde AUS sistemlerini en iyi kullanan ülke şüphesiz Japonya'dır. Araç bilgi ve iletişim sistemlerinin yaygın ve etkin kullanımı Japonya'yı dünyanın bu alanda en başarılı operasyonel ülkesi yapmıştır. Küresel ölçekte yaygınlaşan bu sistem nihai olarak yakın gelecekte karşımıza bir üretim endüstrisi adaydır. AUS'dan elde edilen faydalar ve maliyetler, AUS altyapılarının tüm yaşam döngüsü ve bilginin uygulanmasından dolayı değişen kullanıcı davranışları boyunca çeşitli yönlerden incelenmektedir [3].

1.2. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

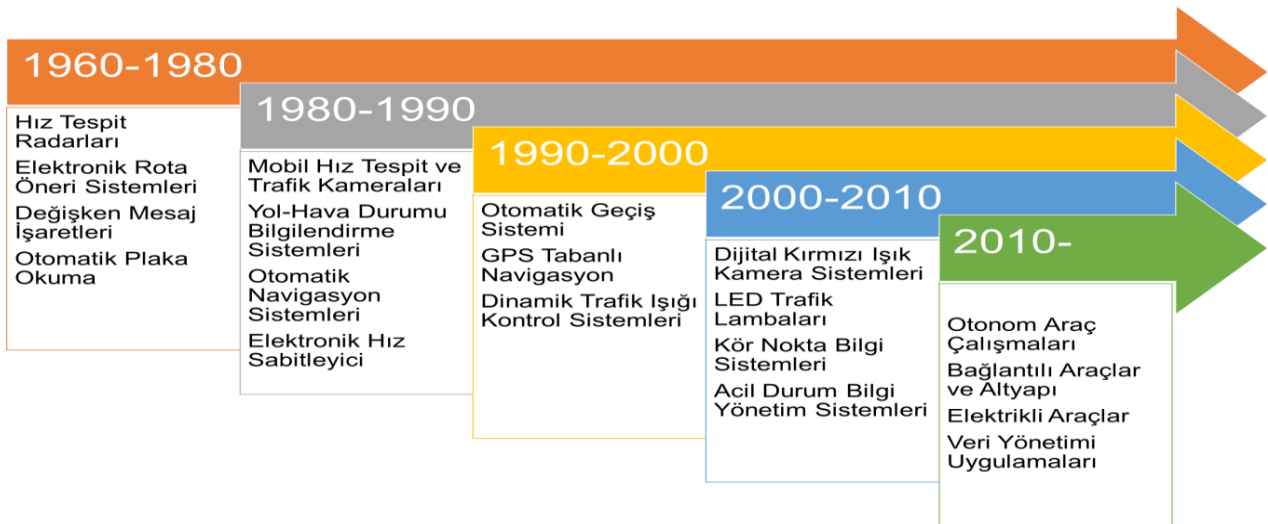
Yaşadığımız çağda bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan baş döndürücü gelişmeler sonucunda ulaşım sektöründe de devrim niteliğinde değişiklikler meydana gelmiştir. Bağlantılı ve otomatikleştirilmiş araçlar günlük yaşantının ayrılmaz bir parçası olmuşlardır. Bu doğrultuda taşımacılığın ileri teknoloji ile entegrasyonu sonucu ulaşım farklı bir alana dönüşmektedir. Kullanıcıları ile iletişim halindeki sistemlerin tarihsel gelişiminde yaşanan olumlu ve olumsuz her türlü hadisenin ortaya konulması AUS çalışmalarının amaçlarından biridir.

Akıllı ulaşım sistemleri birbirleri ile koordineli şekilde çalışan iletişim ve bilişim yetenekleri olan toplumla iç içe çalışan operasyonel sistemlerdir. Buna rağmen Iowa Üniversitesinin yaptığı bir araştırmaya göre, toplumların AUS hakkındaki bilgileri tam değildir [6]. Bu yüzden AUS ile ilgili çalışmaların halen yetersiz olduğu söylenebilir.

Vatandaşların çoğu gün içerisinde bu sistemlerden yararlanmaktadır. Örneğin bineceği otobüsün saatini daha önceden bilen bir yolcu ona göre günlük planlamasının anlık hareketlerini tayin etmektedir. Bu çerçevede üretilen telefon ve ulaşım uygulamaları vatandaşların gündelik hayatlarını kolaylaştırmak maksadıyla her gün kendilerini yenilemektedirler. Özel işletmelerin veya kamuya ait otoyolların geçiş ücretlerinin ücret toplama sistemleri vasıtası ile tahsil edilmesi de bu bağlamda trafik hareketliliğine kesintisiz

akış sağlamaktadır. Ayrıca, AUS'ta harita ve konum bilgisi için GPS kullanımı yaygındır. GPS destekli AUS teknolojileri ile koordineli trafik yönetimini sağlayan operasyonel teknolojiler kullanıcılara trafikte oluşan olaylara verimli ve hızlı şekilde geri dönüş sağlamak için eş zamanlı trafik, güzergah ve hava durumu hakkında bilgi sunmaktadır [7].

Akıllı Ulaşım Sistemleri, taşımacılığı daha hızlı, güvenli, erişilebilir, kolay ve verimli hale getirmiştir. Normal şartlar altında ulaşım sisteminin iyileşmesine, fiziki altyapı ve üst yapıların onarım, bakım ve inşası akla gelse de ulaşım ve taşımacılığın ileriye gitmesi adına yapılacak olanlar bunlarla sınırlı olamaz. Bu çerçevede Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojilerinin uygulanması, geliştirilmesi ve yenilenmesi büyük önem taşımaktadır. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin faydaları büyük ölçüde şehir ve kırsal alanda yaşayan tüm bireylere hitap etmektedir. Yalnızca motorlu araçlara değil, yayalara ve bisiklet sürücülerine de kolaylık sağlamaktadır. Uzun yıllar süren Akıllı Ulaşım Sistemleri altyapı çalışmaları ve geliştirme projeleri ile işlemlerin birbiriyle ileri seviyede etkileşimde olduğu yazılımların konuştuğu sistemlerdir. Örneğin, kaza önleyici yazılımlarına sahip iki araç birbiriyle sistem üzerinde iletişim halinde olduğundan sistem tarafından güvenli rota üzerinde seyahat edebilmektedirler. Kısaca bu sistemlerin erken tarihinden başlayarak onar yıllık birimler halinde kronolojik olarak kısa bir durum değerlendirmesi yapmaya çalışacağız. Her bir bölümde sosyolojik çevre ve politik bağlamda, son olarak teknolojik ölçekte dönüşüme yer verilmiştir. AUS'un zaman içerisindeki ilerlemeleri Şekil 1-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1-1: AUS'un Tarihsel Gelişimi

1.2.1. 1980 'lerde Akıllı Ulaşım Sistemleri

1980'lerdeki AUS sistemleri özel ve kamu sektörleri ile akademik kurumlar arasında iletişim ve yardımlaşmaya dayalı bir perspektif oluşturmuştur. Ulaştırma uzmanları yüzey taşıma kapasitesindeki kriterleri belirlemişlerdir. Bu dönemde Akıllı Ulaştırma Sistemleri araştırması yalnızca araç içi navigasyon ve rota rehberlik modülleri üzerine çalışmıştır. Yine bu dönemde teknoloji, fırsat merkezli gelişmiş ve orijinal ekipman üreticisi sayısının da oldukça az olduğu göze çarpmaktadır [7].

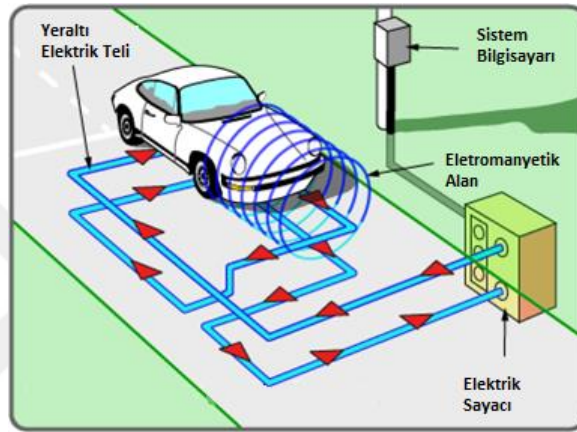
1.2.1.1. Navigasyon ve Haritalama Teknolojileri

Yakın geçmişte küresel konumlama sistemleri içerisinde yakınlık sinyali olarak da adlandırılan navigasyona ilişkin çalışmalar 1960'lı yılların ortalarına doğru General Motorun sürücü destekli yönlendirme ve bilgilendirme sistemi projesi olarak karşımıza çıkmıştır [8]. DAIR (Driver Aid, Information & Routing) sistemini kullanan araçlar yol koşullarıyla ilgili bilgileri toplayarak, acil durum mesajı olarak servis merkezine gönderebilmektedirler. Bu sistem sürücünün hareket ettiği güzergah boyunca yola yerleştirilen (genellikle 3 ila 5 mil arasında) miknatıslar yardımı ile çalışan konum bilgisi elde etmek amacıyla kullanılan ikili kod sistemini kendisine esas almıştır. Yeni iletişim çözümleri ve harita eşleştirme algoritmalarının geliştirilmesi ile yakın mesafe işaretleme yaklaşımına alternatif yöntemler kullanılmaya başlanılmıştır. Harita eşleştirme algoritmaları ilk defa 70'li yıllarda ortaya çıkmıştır ve öncül navigasyon sistemlerinde hali hazırdaki teknolojik gelişmeleri desteklemişlerdir. Yol ağları ve belirlenen güzergahları matematiksel veriye dönüştürüp dijital haritalar modellenerek veri tabanına yüklenmesi sağlanmıştır. Konumlanmış sabit bilgisayar ile aracın güzergahı programlanmış ve rotalarla eşleştirmek amacı ile kullanılmıştır. Robert L. French, 1971'de ilk harita eşleştirme sistemi olan Otomatik Rota Kontrol Sistemini(ARCS) geliştirmiştir. ARCS sisteminde, gazetelerin dağıtım güzergahı için üretilen eş zamanlı rota rehberliği ile harita karşılaştırma teknolojisi kullanmıştır [9].

1.2.1.2. Döngü Dedektörleri

Döngü dedektörleri, olay algılama sistemlerinde sıklıkla başvuru alan sensörlerdir. Bu dedektörler ile araçların hızı tahmin edilebilmekte ve trafik yoğunluğu ölçülebilmektedir.

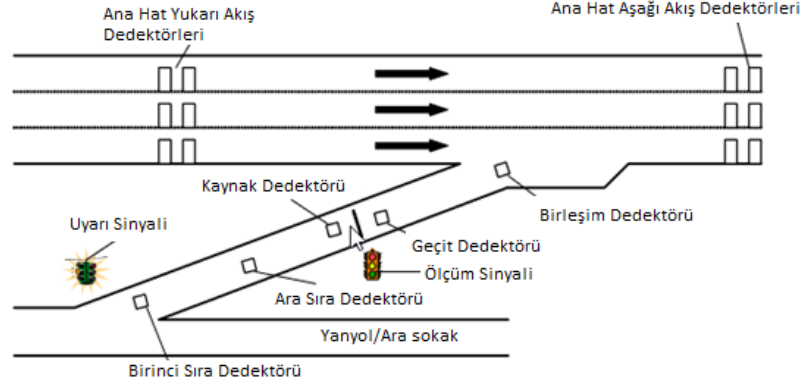
Endüktif sensörler, kaldırıma sabitlenen kontrol mekanizmasına bağlanan bir ya da birden fazla tel halkasından oluşan elektronik mekanizmalardır. Herhangi bir taşıt geçerken ya da döngü dedektörünün üzerinde durduğunda, elektrik akımında meydana gelen değişiklik orada bir taşıtın var olduğunu göstermektedir. Bu döngüler, özellikle trafik ışıklarında bekleyen araçların varlığını tespit etmek ve trafik ışıklarında yer alan trafik kontrol mekanizmasını etkinleştirmek amacı ile kullanılmaktadır. Bu şekilde boş yollar için yeşil ışık bekleme süresini düşürmektedir [10]. Döngü dedektörü şematik olarak Şekil 1-2’de gösterilmiştir.



Şekil 2-2: Endüktif Döngü Dedektörü

1.2.1.3. Ramp Meters

Ramp meters temel olarak otoyola yan yoldan giren araba miktarını sınırlamak için giriş üzerine yerleştirilen trafik ışıklarıdır. Ramp meters, ilk defa 1963 senesinde Chicago’da(USA) bulunan Eisenhower Expressway hattında kullanılmıştır. İlk kullanılmaya başlandığı yıllarda trafik memurları tarafından sistem manuel olarak kontrol edilmekteydi. Devam eden süreçte ramp meters Detroit ve Los Angeles’da konumlandırılmıştır. 1967 yılında ise ilk tam otomatik rampa açma-kapama sistemi Los Angeles’da kullanılmıştır. Böylece rampa yönetimi sistemleri zamanla gelişerek yaygınlaşmıştır. Günümüzde, ramp meters birçok ülkede faal biçimde kullanılmaktadır. Ramp meters kullanmanın sürücülerin güvenliği, trafikteki mobilite ve çevresel alanda faydalı oldukları görülmektedir [10]. Ramp Meters şematik olarak Şekil 1-3’te gösterilmiştir.



Şekil 3-3: Ramp Meters

Günümüzde ana yollara katılımlarda kullanılan sinyalizasyon sistemlerinde bulanık mantık gibi yapay zeka destekli kontrol sistemleri de kullanılmaktadır [11].

1.2.1.4. Trafik Yönetim Merkezleri

Trafik yönetimi merkezleri (TYM) 1960'lı yılların sonuna doğru kurulmaya başlanmıştır. TYM, birçok otoyol yönetme sisteminin odağındadır. TYM, otoyolun anlık hava durumu, araç hızları ve trafik yoğunluğu bilgilerini toplayarak sisteme işlemektedir. Söz konusu bu veriler operasyonel ve kontrol verileriyle birleştirilerek son kullanıcı olan kişi ve kurumlar ile paylaşılmaktadır. TYM personeli tarafından otoyolların verimli ve efektif biçimde sevk ve idaresi için bu veriler kullanılmaktadır. TYM, trafik birimleri ve haber ajanslarının genel durumlar ve olaylara verdikleri cevapların koordine edebileceği operasyonel karar alma yeridir. Bir TYM'nin görevi otoyol ağı kullanıcılarının ve hizmet sağlayıcılarının kurumsal bir merkezden teknik olarak iletişimini sağlamaktır. TYM'ler tüm yüzey taşıma sistemlerinin performansını optimize etmek maksadı ile ortak amaca hizmet etmektedirler [12].

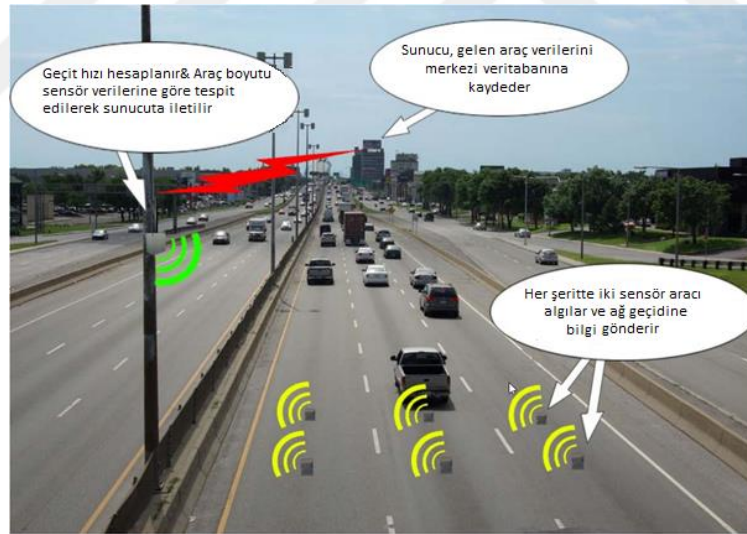
1.2.2. 1980 Sonrası Akıllı Ulaşım Sistemleri

1980'li yıllara gelindiğinde, gelecek on yılda büyük değişimlerin yaşanacağına dair işaretler alınmaya başlanmıştır. Çok uzun süreden beri kullanılan ve uygulanmakta olan sistemlerin artık ihtiyaçları karşılamadığı ve buradan hareketle yeni iletişim ve ulaşım teknolojilerinin üretilmesi ihtiyacı doğduğu gerçeği ile karşı karşıya kalınmıştır. Hava ve çevre düzenine ilişkin kaygılar araç emisyonları ile ilgili birçok düzenlemenin de yapılmasına sebep

olmuştur. 1980'li yıllarda bu tür kaygıların merkezinde maliyeti daha az, önceki sürümlere göre daha gelişmiş teknolojiler trafik alanında kullanılmaya başlanmıştır. Kamu kurumları, ulaşımı ve çevre sorunlarını çözmek amacı ile iletişim sistemleri ve kontrol teknolojilerini birleştirerek yeni imkanlar ortaya koymuştur. Ulaşım ve taşımacılıkta yeni otoyol altyapısı tabanlı teknolojilerle beraber katma değer yaratacak rekabetçi ortamlar doğurmuştur. Bu teknolojik gelişim ve dönüşüm ile birlikte mikroişlemciler, bilgisayarlar, algılama sensörleri, iletişim teknolojileri ve GPS ulaşım sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

1.2.2.1. Otomatik Trafik Takip ve Denetleme Sistemleri

İlk olarak Los Angeles'ta 1984 yılında kullanılan "Otomatik Trafik Takip ve Denetleme Sistemleri" araç algılama dedektörleri kapalı devre izleme sistemi ile koordineli sinyal zamanlaması uygulamasının birlikte kullanıldığı bir sistem olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Ayrıca araçların sınıfına göre hız limiti denetleme işlemini otomatik olarak yapan sistemler de mevcuttur. Şekil 1-4'te bir örnek gösterilmektedir [13].



Şekil 4-4: Otomatik Trafik Denetleme Sistemi Örneği

1.2.2.2. Trafik Sinyalizasyonu Yönetimi ile Yakıt Verimliliği Sağlanması

1983 yılında California'da FETSIM (Fuel-Efficient Traffic Signal Management) olarak adlandırılan trafik sinyalizasyonu yönetimi ile yakıt verimliliği sağlanması sistemi hayata geçmiştir. O dönemde, trafik sinyal sistemlerinin revizyonu, trafik akışını iyileştirmek ve yakıt kullanımını azaltmak amacı ile tavsiye edilen yöntem olmakla birlikte çok az kurum

bu işlemi finanse edebilmekteydi [14]. Bu programın fiilen kullanıldığı 11 yıllık süreçte, 160'tan fazla lokasyonda, 12.245 tane sinyalizasyon sistemi uygulanmıştır. Böylece, gecikmeler % 14, duraklamalar % 13, seyahat süreleri toplam da % 7 ve yakıt tüketimi de % 8 oranında azalmıştır. FETSIM, daha iyi trafik işareti yönetimi geliştirmek amacı ile analiz ve değerlendirme araçlarını geliştiren bazı ARGE faaliyetini de finanse etmiştir. Bu araçlar küresel ölçekte kullanılmış ve FETSIM programı dünya çapında sinyal yönetimi programlarına örnek olmuştur [15].

1.2.3. 1990 Sonrası Akıllı Ulaşım Sistemleri

Soğuk savaşın 1991 yılında bitmesi ile birlikte Berlin Duvarı yıkılmış ve bunun benzeri birçok gelişme meydana gelmiştir. Sanayi, ulaştırma ve sağlık alanında gözle görülür gelişmeler ortaya çıkmıştır. Tim Berners-Lee tarafından World Wide Web (WWW) 1989 yılında icat edilmiş bir teknolojik uygulamadır. Bu uygulama, dikkate değer şekilde taşımacılık ve diğer teknik gelişmelerin potansiyeline odaklanmış durumdadır. Baş döndürücü şekilde, teknoloji algılama ve hesaplama tekniklerindeki dönüşüm yardımı ile güvenlik donanımı ve verimi daha yüksek bir ulaşım sistemi oluşturmak için yeni fırsatlar ortaya çıkmıştır. Bu dilimin en önemli ve zor yanı, teknolojideki gelişmenin makro düzeyde taşıma sistemine nasıl uygulayacağı ile ilgili belirsizliktir [12].

1.2.3.1. Fast-Trac Uygulaması

FAST-TRAC, test amacıyla ufak ölçekte trafik kontrolü sağlamak için kurulmuştur. FAST-TRAC, zamanla gelişerek trafik yönetim ve gezgin bilgi sistemlerini bir araya getirmiştir. İlk olarak Michigan'ın Oakland İlçesi'nde hayata geçirilmiştir. 1992'de, FAST-TRAC büyük bir AUS'un operasyonel test programı olarak kullanılmaya başlanılmıştır.

1.2.3.2. TravTek Uygulaması

TravTek, yerinde uygulama amacıyla özel olarak modellenen, araç seyahat bilgilendirme sistemi ve navigasyon cihazıdır. 1992-1993 arasında Florida'da kullanılmaya başlanılmıştır. İlk denemeleri, Amerikan Otomobil Birliği, General Motors ve Florida Otoyol Departmanının ortak projesi olmuştur. Öncelikli amacı, araç seyahat bilgilendirme sistemi ve navigasyon sisteminin saha verilerini toplayıp analiz etmesidir.

1.2.3.3. Pathfinder Uygulaması

Araç seyahat bilgi sistemi modellemesi olan pathfinder, 1990 senesinde Güney California'nın Santa Monica otoyolu hattında kullanılmaya başlanmıştır. Santa Monica otoyolu, ülke genelinde kullanılan en genel yoldur. Bu proje, olaylara ve trafik yoğunluğuna yanıt olarak hedeflenmiştir. Pathfinder, TravTek’de olduğu gibi araç kullanıcılarına güzergah rehberliği ve araç içi navigasyon sağlama kolaylığı sunmuştur. Diğer yandan bu sistemlerle donanımlı araçların “trafik araştırmacıları” gibi davranabileceğini ve seyahate ait bilgilerin trafik bilgi işleme merkezine iletilebileceğini göstermiştir.

1.2.3.4. Advantage I-75 Koridor Yol Projesi

Advantage I-75, Interstate otoyolu hattında kullanılan devlet ve özel sektörün ortaklaşa oluşturduğu bir projedir. Birlikteliğin hedefi taşımacılık ağındaki yoğunluğu azaltmak, ulaşımdaki verimliliği artırmak diğer yandan sürücülerin can güvenliğini sağlamaktır. Advantage I-75 Koridor Yol Projesi Michigan, Georgia, Tennessee ve Florida eyaletlerinden geçmektedir. Advantage I-75, Ontario Eyaleti Merkezi Yönetim Karayolu İdaresi, Kanada Devleti Ulaştırma Bakanlığı ve Kanada Kamyon Dernekleri ile çeşitli karayolu taşımacılık şirketlerinin ortak projesidir. Advantage I-75 ortaklığı, eşzamanlı yarar sağlamak maksadı ile Akıllı Ulaştırma Sistemleri ve Teknolojilerinin efektif olarak uygulanabilecek alanları belirlemek için kurulmuştur. Advantage I-75, vatandaşların artan otoyol kullanım taleplerine cevap vermesine yardımcı olmak için AUS operasyonel ortamına mevcut teknolojileri entegre etmeyi hedefleyen bir programdır [16].

1.2.3.5. Elektronik Ücret Toplama

Bu sistem, sisteme kayıtlı araçların hesap bakiyesinden veya kayıtsız araçların sonradan ödeme yapmalarını sağlayan yöntemdir. Bu sayede sürücülerin zaman ve yakıt tasarrufu sağladığı trafik sıkışıklığının yaşanmadığı bir model ortaya çıkmaktadır. Sürücülerin durarak ücret ödedikleri sistemde saatte 350 araç geçerken, bu yeni sistemle beraber saatte 1800 araç geçiş sağlayabilmektedir [17].

1.2.3.6. E-ZPass

E-Zpass; 1991 yılında New York, Pennsylvania ve New Jersey'deki yedi bağımsız kuruma ücret hesaplama sistemi geliştirmek için kurulmuştur. Bu sistem ilk defa New York'ta 1993'de hayata geçmiştir [18].

1.2.4. 2000 Sonrası Akıllı Ulaşım Sistemleri

21. yüzyılın ilk on yılında iletişim ve bilişim teknolojilerinde gözle görülür çok ciddi değişimler ve gelişmeler ortaya çıkmıştır. Kablosuz bağlantı ağlarının sayısı, kapasitesi ve hızı bu dönemde büyük gelişme göstermiştir. Söz konusu dönemde gelişen teknolojilerin ve bu teknolojilerin birbiriyle birleşmesi sonucu oluşan sistemlerin nihai tüketicilerin kullandığı mobil araçlara entegrasyonu sonucu elde edilen uygulamalar AUS teknolojilerinin hızla gelişmesine katkı sağlamıştır. Yaya ve araç kullanıcılarının uygulama verilerine ulaşması için mobil hizmet ve donanım sağlayıcılar altyapılarını bahsi geçen uygulamalara entegre etmek zorunda kalmışlardır. Sürücülerin doğru zamanda ve doğru yerde olması maksadıyla yol durumu ve performans bilgilerinin işlenmesi daha da önem kazanmıştır. Geçmişte bu alanda şüphesiz ilk adımlar kamusal alanda atılmıştır. Devamında özel sektörün bu alanda birtakım yatırımları göze çarpmaktadır. Özel sektör tarafından yapılan AUS yatırımlarının son kullanıcılara kamuya göre daha gerçekçi ve eşzamanlı bilgiler sunduğu bir noktaya gelinmiştir. Kullanıcısına ücretsiz güncel bilgiler veren mobil yazılımlar, reklam gelirleri ile finanse edilerek daha da gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Örnek olarak, NAVTEQ müşterilerine coğrafi veri sistemi bilgileri ve dijital yönlendirme haritaları oluşturarak kar oranı yüksek bir çalışma modeli oluşturmuştur. Akıllı telefon teknolojisinin dünya genelinde çok ileri bir noktaya gelmesi gerçek ve eşzamanlı bilgiye erişimi kolaylaştırmış bu alanda üretilen trafik uygulamalarını da desteklemiştir. Benzer biçimde nihai tüketici olan sistem kullanıcıları, sadece içerikten yararlanmak ile kalmayıp aynı zamanda içerik üretme bilmektedirler. Belli bir lokasyonda meydana gelen trafik sıkışıklığının sebebine ilişkin bildirimde bulunma imkânı da mümkün olmaktadır [19].

1.2.4.1. Sürücü Yardım Sistemleri

Günümüzde otoyollarda meydana gelen ölümlü kazalarda birçok insan hayatını kaybederken milyonlarca dolarlık maddi kayıp ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak Amerika

Birleşik Devletleri'nde her yıl 6 milyon civarında trafik kazası meydana gelmekte, bu kazalarda 40 binden fazla kişi hayatını kaybederken ortalama 3 milyon birey yaralanmakta ve her yıl 250 milyar dolardan fazla maddi kayıp ortaya çıkmaktadır. Bu kayıpların temel sebebi sürücü hataları olup otoyol kazalarının birincil sebebidir. USDOT'un 1998 yılında oluşturduğu Akıllı Araç Programı, tehlikeli durumlara karşı sürücülere bilgi veren, eylem öneren ve araçların kısmi olarak kontrol edilmesini sağlayan bir programdır. Bu sistem sürücü destek ürünlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ile kazaların sayısını ciddi oranda düşürülmesi için kurulmuştur. Bu programda bireysel araç endüstrisiyle ortaklık kurularak ağır ve hafif ticari araçlarda birleştirilmiş güvenlik sistemlerini üretmek ve geliştirmek amacıyla Entegre Araç Tabanlı Güvenlik Sistemleri (IVBSS) kurulmuştur [20].

1.2.4.2. Uluslararası Seyahat Bilgileri Telefon Numarası

USDOT, 1990 yılında federal iletişim komisyonuna ülke genelinde yolculuk bilgilerini öğrenmek için telefon numarası belirlenmesi için başvuruda bulunmuştur. 2000 yılına gelindiğinde ülke çapında tüm kullanıcılara hizmet vermesi maksadı ile 511 sabit iletişim numarası olarak belirlenmiştir [21]. Bu numaranın belirlenmesi sonucunda devam eden 5 yıl içerisinde 50 milyondan fazla arama yapılmıştır. Ardından akıllı telefon ve akıllı ulaşım sistemleri uygulamalarının gelişmesi ile 511 hattına olan ilgi giderek azalarak ve günümüzde ilgi duyulmamaktadır.

1.2.4.3. Clarus

Clarus, ülke çapında bütün taşımacılık yöneticilerine ve bu sistemden yararlanan kullanıcılara karayolu hakkında bilgiler sunan karayolu koşullarını açık ve ihtiyaç duyulan tüm gerekli yönleri ile kullanıcılara sunan bir girişimdir. Clarus bir USDOT uygulamasıdır. Bu uygulama, olumsuz hava şartlarının karayolunu kullananların üzerindeki tesirini minimize etmek amacıyla 2004'de kurulmuştur. Bu uygulama birçok devlet kuruluşuna hava durumunun ve yol şartlarının, bakım, onarım ve işletme faaliyetlerinin doğru bir biçimde ele alınmasını sağlamaktadır. Clarus, karayolu taşımacılığı hava durumu gözleme ve veri yönetimi modelidir. Yol bakımları, hava şartlarına duyarlılık, trafik durumu ile güvenlik yönetimi, direkt sevkiyatlar ve kötü hava koşullarının ortaya koyduğu olumsuzlukları planlamak ve buna karşı bir reaksiyon göstermek anlamında çok büyük bir öneme sahiptir [22].

1.2.4.4. Entegre Koridor Yönetimi

USDOT, 2006 senesinde Bütünleşik Koridor Yönetimi (ICM) oluşumunu ortaya koymuştur. Bu oluşum, ilk olarak yoğunluk oranı yüksek trafik koridorlarına sahip olan altı ABD eyaletinde (Minneapolis, California, Dallas, Minnesota, Teksas, San Diego) kullanılmaya başlanmıştır. Ülke genelinde otoyollar, ana arterler ve direkt geçiş noktalarındaki operasyonlarla, bunlar arasındaki etkileşimi koordine etmek amacıyla ICM uygulamasının verimini anlamak üzere analiz, simülasyon ve modelleme teknikleri kullanılmıştır. ICM projesinde erken karar verme ve destek sağlama modülü ile sistem yöneticilerine, planlanan koridor performans durum bilgilerini iletme ve eş zamanlı ağ profil tahmini ve micro simülasyon analizini online olarak iletme önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu sistemin yöneticileri ICM stratejilerini kullanarak sorunlar ortaya çıkmadan önce önlemlerini alıp, koordineli bir biçimde trafik senkronizasyon yöntemlerini seçip önlemektedir. Böylece, altyapılara ek yatırım yapılmadan en ideal hale getirilerek kapasite ve verimlilik sağlanmakta, gecikmeleri minimuma indirilmekte ve eskisine nazaran stabil seyahat süreleri elde edilmektedir [23].

1.2.4.5. Trafik Tıkanıklık Girişimi

2006 senesinde USDOT, Ulaştırma ağındaki yoğunluk ve durmayı en aza indirmek maksadı ile ulusal stratejisini ortaya koymuştur. Bu girişim eyalet ve bölge yetkililerine, lokasyonlarındaki sıkışıklıktan kaynaklanan ihtiyaçları belirlemek için kolaylık sağlamaktadır. USDOT, trafik yoğunluğunu büyükşehirlerde uzun yıllar azaltmayı amaçlarken, trafik tıkanıklık girişimi ile matematiksel analiz yöntemlerini kullanarak trafik yoğunluğunun izolasyonu yerine kombinasyon halinde uygulamanın etkinliğini göstermeyi hedeflemiştir. Bu girişim, altı kademeli plana sahiptir:

1. Kentlerde meydana gelen trafik tıkanıklığını minimize etmek,
2. Özel sektör yatırım kaynaklarını ulaşım sektörüne yönlendirmek,
3. Uygulamaya yönelik teknolojik çalışmaları finanse etmek,
4. Gelecekte önem kazanacak kesintisiz ulaşım koridorlarını planlamak,
5. Taşımacılıktaki karmaşaları çözmek,

6. Havayolu ulaşım projelerinin kapasitelerini artırmak ve gelecekte bir fonlama çerçevesinde projelere destek sağlamaktır [24].

1.2.5. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Günümüzdeki Durumu

Birçok dışsal faktör Akıllı Ulaşım Sistemi ve Teknolojilerinin gelişimini desteklemiştir. 2000'li yıllarda ortaya çıkan ekonomik krizlerle beraber dünya genelinde birçok ülkede ulaşım altyapı yatırımları ivme kaybetmiştir. Devam eden süreçte mevcut araç ve karayolu sistemini sahip olduğu insanların kullanılması ile yetinilmiştir. Bu dönemde büyük yatırımların azalan seyrine rağmen iletişim ve bilgi teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler ve büyümeler ilerleyen dönemde büyük yatırımlarla birleşerek kurulacak Akıllı Ulaşım Sistemleri modellerine öncülük etmiştir. Sonuç olarak yukarıda bahsettiğimiz bu faktörler yeni ulaşım ve araştırma girişimlerinin sayısal olarak aniden artmasına sebep olmuştur. Bu da beraberinde kullanıcı dostu arayüz uygulamalarının gelişmesine yol açmıştır. AUS araçları otomatik ve sistemlere bağlı araçlar olarak değerlendirilmektedir [12].

Daha fazla elektronik ve bilişimle donatılan araçlar güvenlik bakımından ileri seviyede gelişme göstermiş direksiyon, gaz ve frenin sürücünden bağımsız olarak yazılımda kontrol edildiği döneme girilmiştir. Otonom araçlar sensörler yardımıyla araca ait birçok fonksiyonu kontrolünü elinde tutmaktadır. Diğer taraftan araç bilgilerini ve konumunu diğer araçlara olan mesafesini ve yayalara olan uzaklığını kablosuz teknolojilerle takip etmektedir. Geline noktada otomobiller ile sistemin bütün verileri büyük ölçekli uygulamalarla birleştirilerek hayatı kolaylaştırmak bağlamında bizi bugün tahmin edilemez bir noktaya getirmiştir [25]. Bu araçlarda sensörler kameralar ve haritalama sistemleri ile beraber birçok özelliğin kullanılması sonucunda sürücünün hiçbir müdahalesi olmadan sürüş güvenliği sağlanmaktadır. Belirlenen 6 adet otomasyon seviyesinde her seviyede araç kullanımı mümkündür [26].

1 (Otomasyon yok): Sorumluluğun sürücüde olduğu sistemdir. Sorunlar araç beyni tarafından kontrol edilse de yalnızca sürücüyü bilgilendirme düzeyindedir.

2 (Sürücü Yardımı): Sorumluluğun sürücüde olduğu hız ve direksiyon yönlendirmelerine sürücüye destek olan sistemdir

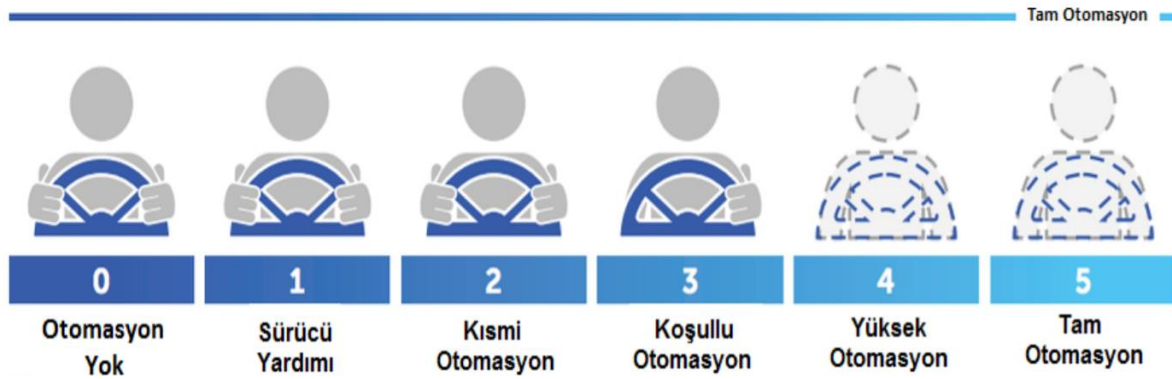
3 (Kısmi Otomasyon): Sorumluluğun sürücüde olduğu, ancak bununla beraber aracın çeşitli durumlarda direksiyon ve hızı ile kontrol yetkisinin sürücünden alındığı sistemdir. Tesla'nın ürettiği araçlar bu bağlamda değerlendirilebilir.

4 (Koşullu Otomasyon): Sorumluluğun araçta olduğu, acil durumlarda sürücünün hazır da bulunduğu sistemlerdir. Araç, sensörler yardımıyla çevreyi ve yolu algılayarak hızı ve direksiyonu kontrol eder. Bu araçların günümüzde kullanıldığı ülke çok az olmakla birlikte kullanımı henüz yaygın değildir.

5 (Yüksek Otomasyon): Kontrolün tamamen araçta olduğu, sürüşün tamamen araç tarafından kontrol edildiği sistemlerdir. Bu sistem acil ve gerekli durumlarda sürücünden yardım istenildiği, sürücünden tepki alınmaması durumunda da çalışmaya devam eden bir sistemdir. Günümüzde test aşamasında olan bu sistemin seri üretimine henüz geçilmemiştir. Konuyla ilgili hukuki prosedür de tam hazır değildir.

6 (Tam Otomasyon): Yapabileceği bütün iş ve işlemleri kendi başına yapan ve sürücü yardımına ihtiyaç duymayan henüz prototip aşamasında bulunan bir sistemdir.

Otomasyon sürüş seviyeleri Şekil 1-5'te gösterilmiştir [27].



Şekil 1-5: Otonom Sürüş Seviyeleri

Akıllı sistemler ve bu sisteme bağlı olarak geliştirilen araçlar öncelikle güvenlik faydalarına yönelmiştir. Sistem bağlaçlar ile filo hareketliliği seviyesi gibi bilgileri sürücülere çeşitli ilave fonksiyonlarla sunmaktadır. Bağlantıdaki araçlar otomasyonla, sürücünün kontrol edemeyeceği ilave hareketlilik ve dışsal faydalar sağlamaktadır. Özetle, endüstriyel üretim yapan bazı teknoloji ve otomotiv firması otomasyon geliştirme hedefi ile yollarına devam etmektedirler. Dünyaca tanınan markalar olan Mercedes-Benz, Volvo Car, Tesla ve Google Car gibi araç üreticileri tasarladıkları otonom araçların prototiplerini üretilip test etmektedir. Günümüzde, otomobil yedek parça üreticileri, yakın zamanda seri olarak üretilmeye başlanması planlanan otonom araçlar için gerekli özellikli sistemlere oluşacak aşırı talebi

karşılayabilmek için yeni teknolojiler araştırmakta ve geliştirmektedir [12]. Hızlı bir şekilde gelişen bu teknolojik gelişmelere ilave olarak coğrafi konum ve akıllı cep telefonlarına entegre edilmiş ticari kazanç sağlamaya yönelik uygulamalar (Waze ve Uber gibi) akıllı ulaşım sistemleri geleneksel yolcu taşıma piyasasını ekonomik açıdan etkilemekte ve daha büyük ölçekte paylaşılan hareketlilik eğilimlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Paylaşılan hareketlilik bilgileri, otomobillerin, yayaların veya bisikletlerin hızlı ulaşım modlarını ortak kullanması anlamına gelmekte ve paylaşım ekonomisini ortaya çıkarmaktadır. Sonuç olarak kullanıcılar varacakları noktaya ulaşmak maksadı ile araç sahibi olmak yerine en kısa ve verimli ulaşım yöntemini tercih etmektedirler [12].

1.2.6. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Ülkemizde Tarihsel Gelişimi

Türkiye'de AUS olarak hayata geçirilen ilk uygulama örneği 1984 senesinde İstanbul'un ana arterlerinde kullanılan sinyalizasyon sistemlerinin birbirleri ile senkronizasyonu ile karşımıza çıkmaktadır [7]. Devlete ait karayolu ücretlendirme sistemlerinin elektronik ortamda mesafeye bağlı olarak toplandığı bir sistem kullanıcıların hizmetine sunulmuştur [28]. 1995 yılından sonra trafiğin daha yönetilebilir hale gelmesi maksadı ile geliştirilen akıllı bilet uygulamaları yardımı ile sistemlerinde yer alan turnikelerin daha verimli hale gelmesi hedeflenmiştir. Söz konusu uygulama ileri tarihlerde geliştirilerek kartlı sistemlere çevrilmiş, uygulama başta büyükşehirler olmak üzere ülke genelinde farklı birçok ilde ve ilçede kullanılmaya başlanılmıştır. 1995 senesinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi bünyesinde kurulan Trafik Komuta ve Kontrol Merkezi vasıtası ile 160 önemli kavşak birbirine entegre edilerek sinyalizasyon kontrolü sağlanmış ve trafik anlık akışı durumu ile ilgili bilgiler tüm kullanıcılara sunulmuştur. 1999 senesinde trafik yoğunluğunun fazla yaşandığı Bolu Dağı geçişini daha güvenli ve akıcı hale getirmek için Yol Trafik Bilgilendirme Sistemi kurulmuştur. Bu sistem, radyo frekansını kullanarak hazırlanan verileri bilgilendirme panoları anlık olarak iletir. Böylece, kullanıcılar yol ve hava durumu hakkında bilgiler anlık değişimleri de görerek ulaşmaya başlamıştır. 2000'li yıllardan itibaren yol ve köprü geçişlerinde ücret ödeme sistemini otomatikleştirmek için, Otomatik Geçiş Sistemi (OGS), Kartlı Geçiş Sistemi (KGS) ve Hızlı Geçiş Sistemi (HGS) geliştirilerek bu sistemler kullanılmaya başlanılmıştır [29].

2001 yılının ardından sürücüleri eşzamanlı bilgilendirmek maksadı ile Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından yollara konulan anlık yol durumunu bildiren mesaj

panoları ve işaretleri kullanılarak ulaşımda bir başka evreye geçilmiştir. 2001 senesinde Ankara'da kullanılmaya başlanılan akıllı manyetik kartlar elektronik ödeme sistemini hayatımıza katmıştır. Yine 2006 senesinde Emniyet Genel Müdürlüğü ve İstanbul Büyükşehir Belediyesinin ortak projesi ile Elektronik Sistemleri uygulamaya konulmuştur. 2005-2010 yılları arasında KGM tarafından ülke genelinde yollara 144 tane Otomatik Araç Sayım İstasyonu konumlandırılmıştır. 2010 yılı ulaşım alanındaki birçok yeniliğin karşımıza çıktığı bir dönem olmuştur. Birçok şehirde hayata geçirilen akıllı duraklar ve yolcu bilgilendirme sistemleri ile bireylerin hayatlarını ciddi anlamda kolaylaştırmıştır. Yolculara sefer ve güzergah saatleri, alternatif ulaşım bilgileri ve benzeri birçok alanda eş zamanlı bilgiler sunan bu sistemler (MOBIETT, EGO Cepte vb.) mobil cihazlarla entegre edildiklerinde ne kadar faydalı oldukları ortaya çıkmaktadır. Zira tekil kullanıcıların faydasını gözeterek hayatına kolaylık sağlayan uygulamaların yokluğu halinde sistemin ne kadar gerekli olduğu gerçeği ile bizi karşı karşıya bırakmaktadır. Günümüzde ulaşım alanındaki birçok bilgi anlık olarak ve yüksek doğrulukla son kullanıcılara ulaştırılmaktadır [25].

1.2.7. Dünyada Akıllı Ulaşım Uygulamalarının Değerlendirilmesi

1.2.7.1. Çin'de Akıllı Ulaşım Uygulamaları

Ulaşım sektörünün, ülke ekonomisi ve sosyolojisi açısından kalkınmanın önemli bir unsuru olduğu bilincine varan Çin, 1990'lı yıllarda yol ve inşaat çalışmalarına başlamış ve yeni teknolojik unsurları ulaşım sektörü ile entegre ederek akıllı ulaşım sistemlerini hayata geçirmiştir. Bu sistemler ilk bakışta pahalı ve kâr etmeyen bir görüntü izlenimi verse de nihayetinde erken dönemde başlanan ulaşım sistemleri yatırımlarının faydalarını gösteren uygulamalar açısından verimliliğin önemini ortaya koymaktadır [30].

Günümüz modern ulaşım sistemlerinin birçok problemi beraberinde getirmesi ile ihtiyaç duyulan birçok çözüm için ortaya çıkan Akıllı Ulaşım Sistemleri birçok ülkede destek görmüştür. Yenilikçi uygulamaların yardımı ile 1980'li yıllardan itibaren hayata geçirilen sistemlerin ekonomik olarak ülke refahına katkısı büyüktür. 1980'li yıllardan itibaren Akıllı Ulaşım Sistemlerinin geliştirmek amacıyla birtakım sistemleri ithal etmeyi kararlaştıran Çin, 1996 yılında Akıllı Ulaşım Sistemleri gelişim strateji çalışmasını hayata geçirmiştir. Böylece, Çin hükümeti ve uzmanları tarafından 1990 yılından itibaren başlatılan inşaatların bitirilmesi beklenmeksizin Akıllı Ulaşım Sistemlerinin entegrasyonu uygulamanın yaygınlaştırılması maksadıyla ülke çapında ciddi bir strateji benimsenmiştir. Bu örnekte olduğu gibi erken hamle

ile yapılan yolların ileri tarihlerde sökülerek Akıllı Ulaşım Sistemlerinin buralara entegrasyonu şeklinde ikincil bir zorluğun engellenmesi için alınan erken karar ile bu sistemlerin kurulması aşamasında kolaylık sağlanmıştır. 1996 yılında ve devam eden senelerde Çin'in birkaç uluslararası iş birliği projesi geliştirdiği görülmektedir. Avrupa Birliği, Amerika ve Japonya ile beraber ortaya konulan bu iş birlikleri, Çin devletinin bu konuda tecrübe kazanmasını sağlamış daha kararlı adımları atmasını kolaylaştırmıştır. 1996 senesinde Çin ve Avrupa Birliği Arasında yayınlanan ortak bildiri ile hayata geçen bu adımlar Avrupa Komisyonuna bağlı olan ERTICO ile birlikte ortak AUS iş birliği sağlanmıştır. Böylelikle Çin, Avrupa'nın teknolojisini ve deneyimlerini AUS'da kullanmak için yaptığı girişimlerle bu alanda daha fazla gelişme hedeflemiştir. Çin devleti Avrupa Ülkeleri, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin uygulamakta olduğu mevcut akıllı ulaşım sistemlerinin etkili ve verimli olarak kendi ülkelerinde nasıl uygulanacağı konusunda ciddi teknolojiler geliştirmişlerdir. Ülkelerin bu konuda ihtiyaç duyduğu öncelikleri belirleyerek kendi ülkelerinde ulaşım sistemlerine yaptıkları yatırımlar beraberinde Çin'in dünya pazarına girmesini hızlandırmıştır [30].

1980'li yıllardan itibaren bu konuda atılımlarına ve yatırımlarına hız kesmeden devam eden Çin, 1995 yılından itibaren akıllı ulaşım sistemleri konusunda ulaşım sektöründe en hızlı karar alan, gelişen ve model ortaya koyan ülke olmaya başlamıştır. Çin, dünya pazarına yönelik birçok ileri teknoloji ürünü uygulamaları geliştirerek bu alanda adından söz ettirmeyi başarmış ve 2020 yılında artık bu konuda karar alıcı konuma gelmiştir [30].

Araçlar için akıllı yol pilot uygulamaları, Şangay da fiber optik ile donatılan yollar, bazı şehirlerde çeşitli sebeplerle bozulan asfalt kaplamaların kendi kendine iyileşmesini sağlayan sistemler, buzlanma önleyici teknolojiler, Hunan eyaletinde nemi düzenleyen yollar, Akıllı Ulaşım Sistemlerinde hayata geçen birkaç örnek olarak karşımıza çıkmaktadır [31]. Şehirde yaklaşık 1 kilometre uzunluğundaki karayolunun test edilmesi maksadıyla yola döşenen güneş panelleri, elektrikli pil, şarj ve haritalama sistemleri ile beraber sürücülere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Elektrikli araçların şarj edilebilmesi kolaylığını sürücülere sunmaktadır ve otonom araçların daha doğru trafik bilgileriyle desteklenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, yol çevresindeki karayolu lambalarına elektrik sağlaması da amaçlanmıştır [32].

1.2.7.2. Japonya'da Akıllı Ulaşım Uygulamaları

Japonya, II Dünya Savaşı'nın ardından ülkenin hızla kalkınması maksadı ile teknolojinin önemini fark etmiş ve bu alanda çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Bu kapsamda ortaya konulan çalışmalar öncelikle otomotiv ve beraberinde akıllı ulaşım sistemlerine yapılan yatırımlarla

karşımıza çıkmaktadır. Japonya'nın Akıllı Ulaşım Sistemleri geliştirme çalışmalarına 1973 yılında başladığı görülmektedir. İlk uygulama olarak CACS (Comprehensive Automobile Traffic Control System) programını kullanarak başlanmıştır. Fakat araç içi yön göstergesi ve şehirdeki yol kılavuz sistemlerini kapsayan bu sistem ekonomik bir fayda sağlamadığı için çok etkili olamamıştır. 1980'li yılların ardından gelen yıllar Akıllı Ulaşım Sistemlerinin yaygın olarak kullanıldığı dönemlerdir. RACS (Road Automobile Traffic Control System) yol ile araç iletişiminin sağlandığı sistem gibi birçok projenin hayata geçtiği ve AUS standartların oluşmaya başladığı bu dönem, 1995 senesi sonrasındaki AUS uygulamalarının daha yaygın olarak kullanılmasında etkili olmuştur. VERTIS (The Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society) 1994 yılında kurularak Japonya'nın AUS entegrasyonu sağlanmıştır. VERTIS'in 2001 yılında "ITS Japan" adını alması ve ardından Asya ve Pasifik'teki başka ülkelerin de bu oluşuma katılması sonucunda Akıllı Ulaşım Sisteminin standartlaşması ve geliştirilmesini hızlandıran küresel ölçekte bir kuruluşun doğmasına sebep olmuştur. 1995 yılından sonra dünya genelinde yoğun bir biçimde ulaşım sistemleri uygulanmış ve elbette Japonya'da bu durumdan ekonomik açıdan kazanç sağlamıştır. Bu duruma örnek olarak 25 şirket tarafından satışa sunulan araç navigasyon sistemi, bu yıllarda 1 milyon adet üzerinde satılarak sürücülere yön bulmada önemli kolaylıklar sağlamış ve navigasyon sistemi üreten firmalar azımsanmayacak gelir elde etmişlerdir [33].

1996 senesinde Araç Bilgi ve İletişim Sistemini (VICS) Japonya uygulamaya sokmuştur. Otobanlarda elde edilen trafik bilgilerinin ücretsiz olarak son kullanıcı ile paylaşılmasını ve sürücülerin en uygun ve alternatif güzergâhı seçmesini kolaylaştırmıştır. Yollardaki trafik yoğunluğunu azaltan bu sistem ile 2009 yılında 2,4 ton CO₂ gazının salınımı engellenerek hava kirlilik oranını önemli ölçüde azaltmıştır. Toyota, Nissan ve Honda öncü olmak üzere bazı markalar ürettikleri araçlarda navigasyon sistemleri üzerinden VICS hizmetini sürücülerin kullanımına sunmuşlardır. 2011 yılında meydana gelen çok büyük deprem ve beraberinde ortaya çıkan tsunami felaketi ile birlikte ülkedeki trafik veri akışı sağlanamamıştır. ITS Japonya'nın destekleri ile beraber bir hafta gibi kısa bir süre içerisinde araç navigasyonu üzerinden trafik bilgileri tekrar ortak kullanıma sunulmaya başlanmıştır. Sonuç olarak Japonya acil durumlarda AUS'ların önemini fark ederek bu kapsamdaki çalışmalarını hızlandırmıştır [34].

Özellikle Lojistik sektöründe de Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojilerini iyi derecede kullanan Japonya, öncelikle bilgi iletişim teknolojileri ve otomotiv şirketlerinin bu alandaki maliyetlerinde verimliliği artırmak amacıyla bir takım AUS teknolojileri üzerinde de arge çalışmaları yapmaktadır. Örnek olarak Isuzu şirketi Mimamori-kun adını verdiği hizmet

ile taşıt ve merkez arasında GPS bağlantısı ile anlık önem ve aciliyet durumuna göre bir uyarı sistemi geliştirmiştir [34]. Bu sistem ile araçların anlık izlenmesi sağlanmakta ve sürücü destekleri ve meydana gelebilecek kazanın ardından acil müdahale edilmesi ve her türlü olumsuzluğa karşı birçok uyarı özelliği geliştirilmiştir.



Şekil 1-6: Isuzu Şirketinin Mimamori-kun hizmeti

Yine Japonya'nın son dönemlerde geliştirmeye çalıştığı bir başka proje ise kooperatif kamyon (Otomatik Takım) sistemidir. Sistemde, 2013 senesinde ortalama 80 kilometre ile seyahat eden 3 kamyon aralarında 4 metre mesafe ile uzunca bir süre seyahat etmişlerdir. 5 yıllık bir çalışmanın ürünü olan bu deney araçların etrafındaki nesnelerin algılanması noktasında son derece duyarlı sensörlerle donatılmıştır. Bu hizmette kullanılan araçlar anten ve kameralı radarlar ile desteklenen DSRC (Dedicated Short-Range Communications – Özelleştirilmiş Kısa Mesafe Haberleşmeleri) kullanan araç-arac bağlantılı sistem ve bunun gibi birçok teknoloji barındırmıştır. Projede hava direnci en aza indirilerek enerji kaybı %15 oranında azaldığı görülmektedir [34]. Söz konusu otomatik araçların 2020 yılından itibaren Japonya'da kullanıldığı görülmektedir. Diğer yandan multimodal taşımacılık sisteminin oluşturulması maksadı ile bu yeni teknoloji ile beraber demiryolu ve denizyolu taşıma işlemlerinde çevresel altyapı çalışmalarının da yapıldığı görülmektedir. Şekil 1-8' de bu sistem gösterilmektedir [34].



Şekil 1-7: Japonya'da yakın gelecekte yapılması planlanan yeni nesil multimodal taşımacılık sistemi

Dünya ölçeğinde Asya kıtasındaki nüfus hızla artmaktadır. Hızla büyüyen kentleşme ve bu kentleşmenin modernleşme ile eşzamanlı yürümemesi sonucu ortaya çıkan çarpık yapılaşma, beraberinde başta trafik olmak üzere çevre, ekonomi, sosyoloji alanında birçok problemi de doğurmuştur. Bu sebeple akıllı ulaşım sistemlerinin zorunluluğu yalnızca bir ekonomik getiri veya gündelik hayatın kolaylaşması bağlamında düşünülemeyecek kadar acildir. Söz konusu teknolojilerin verimli bir şekilde üretilerek yaygınlaşması, gerekli teknolojik bilgi birikiminin sistemlerle entegrasyonu, koordinasyonu ve finansal problemlerin aşılması başlı başına çözülmesi gereken ayrı bir sorun olarak karşımızda durmaktadır. Ülkelerin ihtiyaçlarına en uygun akıllı ulaşım sistemlerinin tespit ve tayin edilmesi de şüphesiz büyük önem arz etmektedir. Ancak ülke sosyolojisi ve coğrafi yapı gereksinimlerine bakılmaksızın ulaşımda entegrasyonun ve bilişimin uygulanması kaçınılmaz hale gelmiştir.

Japonya, yeni nesil teknolojileri geliştirdiği bu dönemde araç yönetimlerini sevk ve idare etmek maksadıyla 2017 senesinde uzaya bir uydu fırlamıştır. Michibiki adı verilen bu uydu ile GPS'nin daha da geliştirilmesi ve kapsama alanını genişletmesi ayrıca mevcut sistemlerde görülen ortalama hata payının 10 metreden 2,5 santimetreye düşürmesi de hedeflenmiştir. Söz konusu olan 2,5 santimetreye indirilen hata payı ile bu alanda yaşanan sorunların en aza indirilmesi noktasında trafik kazalarının minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Özellikle otobüsler üzerinde uygulanmaya çalışılan bu proje ile beraber devam eden süreçte bunların inşaat, tarım ve kişisel araçlarda da kullanılması düşünülmektedir. Planlanan uzaya

ilave gönderilecek uydu sayısının toplamda yediyi bulması ile Amerikan sistemlerinden bağımsız bir Japon GPS sistemi kurulması planlanmaktadır [35].

Bu alanda Japonya'nın elinde bulunan üstün teknoloji dünya genelinde akıllı ulaşım sistemlerinin daha ileri bir seviyeye gelmesine yardım etmiştir. Nüfus yoğunluğuna sahip birçok ülkenin geliştirdiği Akıllı Ulaşım Sistemleri 1990 ve 2010 yılları arasında her 100.000 kişide 11,8 kişilik ölümle sonuçlanan kaza oranının 3,7 kişiye gerilemesi sonucuna ulaşmayı sağlamıştır. Ayrıca, uygulanmakta olan 10'ncu Trafik Güvenliği Programı ile 2016-2020 yılları arasında trafik kazalarını azaltmayı hedefleyerek gerekli önlemlerin alınması Japonya'yı karayolu trafiğinde en emniyetli ülkesi yapmak olduklarını göstermektedir [36].

1.2.7.3. Avrupa'da Akıllı Ulaşım Uygulamaları

Akıllı Ulaşım Sistemleri alanında hiç şüphesiz Avrupa Birliği'nin de boş durduğunu söylemek mümkün değildir. Birlik, Bilgi ve İletişim Teknoloji Alanlarında hiç de azımsanmayacak teknolojik gelişmelere araştırma ve çalışmalara imza atmıştır. 1970 ve 1980 senelerinde ilk akıllı ulaşım sistemleri araştırmalarının tohumlarının atıldığı Avrupa'da Almanya'nın frekans modülünü 1974 yılında kullanmaya başlaması ile otobanlarda yer alan araç yoğunluğunun azaltılması hedeflenmiştir. Böylece, Otomobil Sürücü Yayın Bilgi Sistemi (ARI) otoyol radyo sistemi oluşturmuştur. Taşıt sürücülerine yola ait birtakım bilgileri sağlayan bu sistem, bu dönemde uygulamaya konulan en önemli Akıllı Ulaşım Sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı Ulaşım Sistemleri tarihinin ikinci miladı olarak da kabul edilebilecek 1981-1994 dönemidir. Bu dönemde Avrupa'da ciddi teknolojik gelişmeler olduğu Otomotiv üreticileri tarafından desteklenen Prometheus programı hayata geçirilmiştir. 1986-94 senelerini kapsayan bu proje döneminde yeni nesil teknolojilerin teşvik edilmesi Avrupa'yı bu alanda lider konuma taşıması maksadı ile ortaya konulan bir çabadır. 1989-1994 yılları arasında DRIVE I ve DRIVE II olarak adlandırılan araç ve sürücü emniyeti sağlamak için karayolu altyapısı projeleri yürütülmüştür. Bu projelerde hedeflenen genel amaç ise iletişim teknolojilerini geliştirmek ve daha verimli trafik emniyeti ve yönetimi altyapısının oluşturulmasını sağlamaktır. 1991 yılında ERTICO - AUS Avrupa yapılanması hayata geçirilmiştir. Bu yapı, ulaşım sistemini daha güvenli, verimli, çevreci ve ekonomik bakımdan revize edilmesini sağlamak ve sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması için Avrupa endüstrisini güçlendirerek AUS teknolojilerinin daha ileri bir seviyeye taşınmasını amaçlamaktadır. ERTICO, tüm üyeleri için AUS'ların geliştirilmesinde pusula görevi görmüştür. Finanse edilen projelerin daha kolay yönetilebilmesi için kamu ile özel sektör arasında iş birliğinin sağlanması noktasında yol

gösterici olmuştur. Bu alanda 3. dönem de diyebileceğimiz 1994 yılı sonrasında Akıllı Ulaşım Sistemleri uygulamalarında otomobil sektörü dışında kalan alanlarında bu işin içerisine girdiği görülmektedir. 2000'li yıllar Akıllı Ulaşım Sistemlerine çok fazla talebin olduğu, ulaşım tercihlerinin artırılması maksadı ile birçok uygulamanın da geliştirildiği yıllar olmuştur. Avrupa Birliği ülkelerinden bazılarının ortak projeler geliştirerek bu alanda katkı sunduğu bir dönem olarak tarihe geçmiştir [37].

2001 yılındaki Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan bildirmede, AUS kullanmanın toplamda seyahat süresini %20, seyahat güvenliğini %10-15 ve trafik yoğunluğunu %15 oranında azalttığı belirtilmiştir [38]. Söz konusu son dönem trafik problemlerinin efektif bir şekilde çözülmesi maksadıyla etkin birçok projenin hayata geçirildiği trafik güvenliği konularının ön plana çıktığı bir dönem olmuştur. Tüm ülkelerin ortak problemi olan ölümlü kaza sorununun Avrupa'da yaşanmakta olan nedenleri üzerine yoğunlaşmış, bu sorunun azaltılması noktasında karayolları güvenliği politikasına göre 2010 ve 2020 yılları arasında uygulamaya konulan akıllı tedbirler ile %50 oranında azalma sağlanması hedeflenmiştir [36].

Avrupa Birliği akıllı ulaşım sistemlerinin sürdürülebilir bir sistem olması maksadıyla altyapı yatırımları hızlı, ekonomik ve verimli çevresel olumlu etkiye sahip projelerle desteklemiştir. 2007 yılının başından itibaren uygulamaya konulan, bu bağlamdaki bir proje olan Easy Way programı ile üye tüm taraflar arasında bilgi alışverişinin yapılması Akıllı Ulaşım Sistemlerinin etki ve sonuçlarının somut bir şekilde değerlendirilmesi maksadı ile ortak akıl harekete geçirilmiştir. 2020 yılı sonuna kadar Avrupa'da AUS altyapısının önemli bir noktaya taşınması amaçlanmaktadır [39].

Avrupa Birliği'nin bu alanda ortaya koyduğu projeler şüphesiz ulaşım sektörüne çok ciddi katkılar sağlamıştır. Ortaya çıkan bu deneyim ve teknolojik birikim sayesinde Akıllı Ulaşım Sistemlerinin gelişmesinin yanında standartlaşması ve uyumlaştırılması noktasında da iyi bir trendin yakalandığı görülecektir. Buradan hareketle Avrupa birliği içerisinde gelişmiş ülkelerin, gelişmekte olan ülkelere teknoloji bilgi ve birikim alanında destek sağladığı ve entegrasyonun bu bağlamda daha hızlı tesis edildiği göze çarpmaktadır. Bu sebeple, kullanılan AUS uygulamalarının etkinliği ve sayısı, ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre sıralansa da AB, bu bağlamda üyesi olan ülkelerle iş birliği içinde olarak AUS'ların her ülkede aynı düzeyde yayılması için çalışmaktadır.

2. AUS İÇİN KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Bu bölümde AUS'un tasarımında, modellenmesinde ve optimizasyonunda kullanılan teknolojiler hakkında detaylı bilgiler verilerek, bu teknolojilerin yerleşke tasarımında kullanımı için temel oluşturulması amaçlanmıştır.

2.1. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNDE TASARIM, MODELLEME VE SİMÜLASYON TEKNİKLERİ

Ulaştırma sistemleri insanların yaşam kalitesini yükseltirken aynı zamanda verimli bir şekilde mal ve insanların taşınmasını da sağlamaktadır. Ekonomik sistemler içerisinde gelişmenin dinamosu ulaştırma sistemleri olmuştur. Sürekli artan araç sayısı kentleşme ve nüfus artışı ile artan trafik yoğunluğunun toplum refahına olumsuz etkileri göz önüne alınacak olursa, Akıllı Ulaşım Sistemlerinin varlığının ne kadar elzem olduğu ortaya çıkacaktır. Trafik yoğunluğu; seyahat süreleri, hava kirliliği ve yakıt tüketimi gibi olumsuz parametrelerin artmasına sebep olan başlıca sorundur. Buradan hareketle ulaştırma sistemlerindeki problemlerin çözümü toplumsal politikalar içerisinde öncelikli sıradadır.

Sürekli artan trafik kapasitesi ve bu artışa cevap veremeyen altyapı hizmetleri özellikle büyükşehirlerde problemlere yol açmaktadır. İlave olarak inşa edilen yolların maliyeti ve üretim süreçlerinde geçen zaman bu doğrultuda atılacak olan adımların önündeki en büyük engellerdendir. Mevcut karayolu sistemleri içerisinde hâlihazırda kullanılan trafik altyapısı gecikmeleri ve trafik yoğunluğunu önleyici bilgi ve birikimi kullanmaktan yoksundur. Elektronik iletişim ve kontrol sistemleri, sensörlerde yaşanan baş döndürücü yenilikler gibi teknolojideki son gelişmelerin karayolu sistemlerine entegre edilememesi sebebiyle dünya ölçeğinde ulaşım strateji ve politikalarındaki güncelleme tam anlamıyla gerçekleştirilememiştir. Doğru teknolojilerin ihtiyaç olan alanlarda etkin bir şekilde kullanma maksadı ile sahanın gözlemlenmesi ve saha ihtiyaçları çerçevesinde teknolojik altyapının bölgede tesisi çok önemlidir. Bu sistemlerin başarılı bir biçimde sahada uygulanması istenilen sonucun alınması amaçlanan ana hedeftir. Ayrıca, ulaştırma sistemi içindeki insan faktörünün belirlenmesi de çok önemlidir [40].

Sistemler ve trafik yoğunluğu, kuşku yok ki oldukça karmaşık dinamik problemler barındırdığı için basitleştirilmiş matematiksel modeller ile çözülecek kadar sıradan olgular değildirler. Bu sistemlerde olan nedensellik, eşleşme ve geri besleme döngüleri davranışların

analizi bağlamında, birbiriyle konuşacak sistemlerinin oluşturulması için gelişmiş modellemelerin varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Trafik akımının modellenmesinde kullanılan ileri matematiksel yöntemler aşağıda sıralanmaktadır.

- Makroskopik Akım Modeli
- Mikroskopik Akım Modeli
- Mesoskopik Akım Modeli

Matematiksel modellerin trafik yoğunluğuna ilişkin problemleri dinamik bir biçimde analiz ederek çözümleyebilmesi için çeşitli yazılımlarda kullanımı yaygındır. Böylece benzetim modelleri yardımı ile kapsamlı modeller geliştirilmesi sağlanmıştır. Gerçek zamanlı veriler kullanılarak oluşturulan modeller, uygulayıcılara çoklu senaryo testi imkânı sağlamaktadır. Bir bilgisayar, benzetim modeli ile gerçek veriler kullanılarak farklı senaryolar ve yeni kontrol stratejileri geliştirilebilir [40].

2.1.1. Trafik Akımı Modelleri

Trafik akımını modellemek için kullanılan diferansiyel denklem temelli matematiksel yöntemler olan Makroskopik Akım Modeli, Mikroskopik Akım Modeli ve Mesoskopik Akım Modeli üç boyutta değerlendirilir.

2.1.1.1. Makroskopik Akım Modeli

Makroskopik modeller, trafik akışını hareket halindeki sıvılara veya gazlara benzer şekilde tanımlar. Bu nedenle bazen hidrodinamik modeller olarak adlandırılırlar. Dinamik değişkenler, trafik yoğunluğu, akım, ortalama hız veya hız değişimi gibi yerel olarak toplanmış niceliklerdir. Yığılma yerel olduğu için, bu miktarlar genellikle konum ve zamana göre değişir, yani dinamik alanlara karşılık gelirler. Böylece, makroskopik modeller, sıkışık bölgelerin açılması veya trafik dalgalarının yayılma hızı gibi toplu fenomenleri tanımlayabilir. Makroskopik modelin veri birleştirme özelliği aşağıdaki durumlarda yararlıdır.

- Makroskopik olarak tanımlanması zor olan etkilerin dikkate alınması gerektiği durumlar (Şerit değişiklikleri, çeşitli sürücü-araç türleri).
- Sadece makroskopik büyüklüklerle ilgilenilen durumlar.

- Simülasyonun hesaplama süresinin kritik olduğu durumlar (Gerçek zamanlı uygulamalar), (Bilgi işlem yeteneğinin artması nedeniyle bu durum daha az önemli hale gelmiştir.).

- Verilerin heterojen kaynaklardan geldiği ve/veya tutarsız olduğu durumlar.

Çoklu gerçek zamanlı hız ve heterojen veri kaynaklarını birleştirme yeteneği, özellikle trafik durumu tahminleri için önemlidir. Bu süreçte, gelecekteki trafik durumu bir zaman ufku üzerinde tahmin edilir ve tahminler daha küçük zaman aralıkları üzerinden güncellenir. Tahminler, trafik mesajı kanalı veya değişken mesaj işaretleri aracılığıyla dağıtılabilecek veya bağlı navigasyon cihazları için girdi görevi görecektir şekilde işlenir [41].

Trafiğin Makro yöntem üzerinden modellenmesi, bölgesel ya da ulusal tesirlere yanıt verebilecek süreklilikte akışkanlık teorisi ile oluşturulur. Bu modellerin matematiksel çözümü ve ayrıntıları mikro yöntemlere göre daha azdır. Bu model yöntemlerinin olumsuz yanı, trafik akışının gerçekte ulaşılması güç olan sıvı akışı gibi davrandığı ön kabulüdür [42]. Araçlar birbiri arasında etkileşime girmeye yatkındır. Bu durumda makroskopik modeller tarafından yakalanmayan yerel trafik bozukluklarına karşı hassastırlar. Diğer taraftan, makro model yöntemleri daha geniş ölçeğe sahip sorunları ele almak açısından daha kabul görür. Aynı zamanda bu denklemlerin çözümünde kısmi diferansiyel denklemler kullanılır.

2.1.1.2. Mikroskopik Akım Modeli

Araç takip modellerini ve birçok hücresel otomasyon modellerini kapsayan mikroskopik modeller, toplu olarak trafik akışını oluşturan bağımsız sürücü-araç bileşenlerini tanımlar. Çevredeki trafiğe bağlı olarak bu modeller, her sürücünün tepkisini tanımlamaktadır (hızlanma, frenleme, şerit değiştirme). Dinamik değişkenler araç konumları, hızlar ve ivmelerdir [41].

Mikroskopik modeller özellikle aşağıdaki uygulamalar için uygundur:

- Tek aracın trafik üzerindeki etkisinin modellenmesi: Akıllı Ulaşım Sistemleri (ITS), Araçtan Araca Bağlantı (V2V), Merkezden Araca Bağlantı (I2V), Ayarlanabilir Hız Kontrolü (ACC), Sürücü Yardım Sistemleri (ADAS) gibi uygulamaların önemi daha fazla artmış ve kullanımları yaygın hale gelmiştir.
- Trafiğin heterojenliğinin önemli bir rol oynadığı durumlar: Trafik optimizasyonu için tüm önlemlerin genel amacı trafiğin homojenleştirilmesi olduğundan, bu uygulama herhangi bir

trafik kontrol eylemi için geçerlidir. Örnek: Kamyonlar için hız sınırlarının veya geçiş yasaklarının etkilerinin simüle edilmesi

- Sürücülerin davranışlarının tanımlanması, tahmin hataları, tepki süreleri, dikkatsizlik ve beklentileri: Mikroskopik modeller, farklı sürüş stillerinin, trafik kapasitesini ve dengesini nasıl etkilediğinin değerlendirilmesine izin verir.
- Çeşitli trafik katılımcılarının aralarındaki etkileşimlerin görselleştirilmesi (arabalar, kamyonlar, otobüsler, bisikletliler, yayalar vb.)
- Bilimsel fizyo-psikolojik sürüş simülatörlerinde kullanılmak üzere çevredeki trafiği oluşturmak için ya da oyun simülatörleri için kullanılır.

2.1.1.3. Mesoskopik Akım Modeli

Mikroskopik ve makroskopik düzeyler arasındaki noktada var olan denklem mesoskopik düzey denklemi olarak adlandırılır. Orta düzeyde bulunan kinetik modeller hareketli bir ölçekte, x konumunda, v hızında, t zamanında hareket eden bir taşıtın bulunabilme yöntemini açıklayan $f(x, v, t)$ fonksiyonu ile gösterilir. İstatistiksel mekanik metotlarını takip eden fonksiyonlar, bir integral-diferansiyel denklem çözülerek hesaplanabilir(Boltzmann Denklemi vb) [43].

İdeal model yönteminin belirlenmesi, ihtiyaç duyulan detay seviyesine ve halihazırdaki hesap yapma kapasitesine göre şekillenmektedir. Son dönemlerde bilgisayar alanındaki gelişimler yardımıyla günümüzdeki yönelim, insan etkileri ile taşıt takip modellerini sürücü ile taşıt etkileşimi modeli olarak içeren matematiksel modellerin kullanılması şeklinde seyretnmektedir.

2.1.2. Mikroskopik Trafik Modelleme Simülasyon Programları

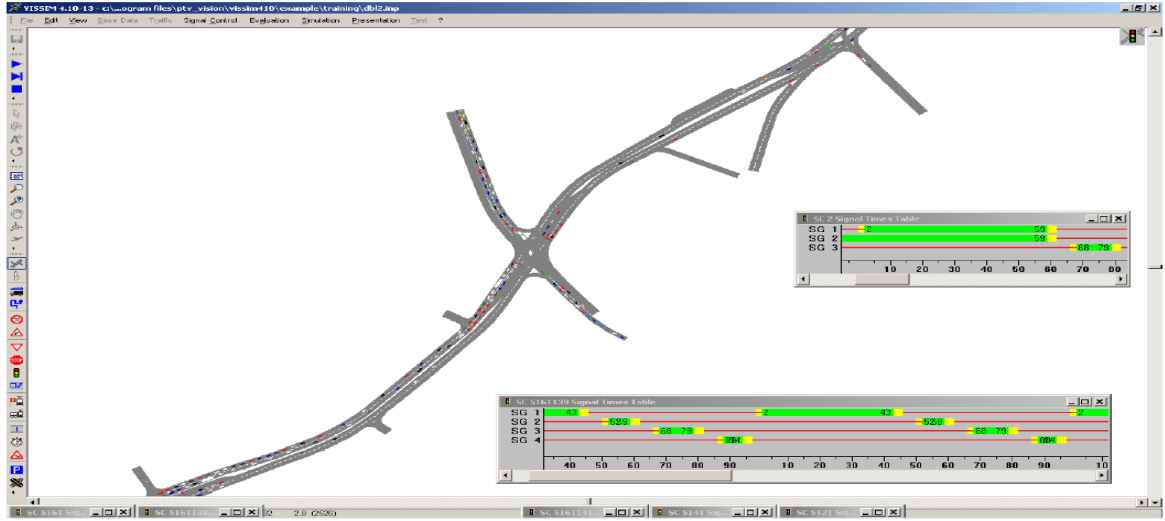
Mikroskopik trafik modelleme simülasyonu, trafik modelleme sistemlerinde kullanılmakta olan bir kavramdır. Aşağıdaki bilgisayar destekli programlar bu maksatla kullanılır:

- CORSIM
- VISSIM
- AIMSUN

- PARAMICS

Trafik simülasyonu modelleri, tekil taşıtların belirli bir karayolu ağı içindeki tepkilerini analiz etmek için kullanılırlar. Ayrıca bu modelleme, önerilen ticari gelişmelerden veya güncellenen yol planlamaları kaynaklı trafik sistemindeki değişikliklerin muhtemel etkilerini öngörmek üzere kullanılır. Trafik simülasyonu modellerinin ulaşım uzmanları, Ulaştırma Bakanlığı, Büyükşehir ve yerel belediyeler ile toplu taşıma şirketleri tarafından sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Kullanılan trafik akım modelleri bağımsız, değişken ve zaman aralığına dayanan modellerdir. Bu model sürücü ile araç birimlerinden meydana gelir.

Trafik akım simülasyonu hazırlama yazılımları, birçok alt problemi çok yönlü trafik akımı matematiksel çözümlerle modelleyerek, bu modellemeleri üst bir problemde trafik teorisine dayanarak birleştirmeyi sağlar. VISSIM programının grafik kullanıcı ara yüzünün bir ekran görüntüsü, Şekil 2-1’de verilmektedir. Burada verilen örnek mikroskopik model olarak verilen trafik akımını analiz etmek ve böylece lokasyondaki bulunan yol ağı için çeşitli veriler ile elde edilen öncelikli senaryoların etkisini değerlendirmek ve çözüm yolu bulmak amacıyla geliştirilmiştir.



Şekil 2-1: VISSIM Programı Kullanıcı Ara yüzü

İçerisinde bulunduğumuz dönemde trafik simülasyon yazılımlarında, ana yolların ağ tanımı, araç ve sürücülerin davranışları, trafikteki araç hacimleri ve bağlantı yolları gibi bilgiler grafiksel programa tanımlanabilmektedir. Araçların sınırlanan en yüksek hıza ulaşması ve istenen hız dağılımları için oluşan değerler yerel trafik şartlarını ifade edecek

biçimde kullanıcılar tarafından şekillendirilebilmektedir. Farklı araç biçimleri de tanımlanabilmektedir. Diğer yandan, trafiği kontrol etmek amacıyla stratejiler ve algoritmalar da tanımlanabilmektedir. Bu tanımlar ile kentsel trafik kontrolörleri ve kullanıcı ara yüzleri kurgulanabilmektedir. VISSIM, AIMSUN, CORSIM ve PARAMICS türü yazılımlar dünya genelinde çok sayıda yazılım üreticisi firmalar tarafından trafik çalışmasında denenerek onaylanmıştır.

2.1.2.1. CORSIM Simülasyon Yazılımı

Koridor ve simülasyon terimlerinin ortak kullanılması sonucu ortaya çıkan CORSIM, ABD Federal Karayolu idaresince üretilmiştir. CORSIM, iki ayrı program olan FRESIM ve NETSIM'in geliştirilmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. NETSIM, uyarı ve işaret levhalarına sahip olan kavşakları ve arterleri, FRESIM ise otoban ve şehir merkezindeki yolları modellemede kullanılmaktadır [44].

2.1.2.2. VISSIM Simülasyon Yazılımı

VISSIM, Wiedemann tarafından geliştirilen, stokastik araba takip modelleri ve dinamik hızları kullanan psikofiziksel sürücü davranış modelini kullanan, davranışa dayalı bir mikroskopik simülasyon modelidir. Trafik simülatörü ve sinyal durumu üretici olmak üzere iki farklı programdan oluşur. Trafik simülatörü, araba takip ve şerit değiştirme mantığı içerir ve saniyenin onda birine kadar simülasyon yapabilir. Wiedemann'ın yaptığı çalışmalar ile birlikte Karlsruhe Üniversitesince geliştirilmiş olan kent içi ve çevre yolu modeli bu çalışmaya temel olmuştur. VISSIM yazılımı aracılığıyla çok çeşitli trafik kontrol metotları modellenebilmektedir. Ayrıca bu model bir programlama dili kullanan sinyal kontrol modülü olarak da bilinmektedir. Son olarak VISSIM, toplu ulaşım sistemlerinin modellenmesi ve mevcut sorunlara çözüm üretmekte tartışmasız etkili bir programdır [45].

2.1.2.3. AIMSUN Simülasyon Yazılımı

AIMSUN, kent merkezlerindeki ve şehirlerarası yol ağlarının modellenmesi amacı ile üretilmiştir. Bu yazılımda taşıt takip sistem verilerine göre modelleme yapılır. AIMSUN ile kaza önleyici yöntemler kullanarak güvenli seyahat modellemesi hedeflenmektedir. Trafik

giriş ve çıkış akışları ile dönüş hareketleri de hedeflenen nokta matrisleri ve rota seçimi bu yazılım ile modellenenmektedir.

2.1.2.4. PARAMICS Simülasyon Yazılımı

Paralel Mikroskopik simülasyon demek olan kelimelerin kısaltılmasıyla oluşturulmuştur. PARAMICS, işlemci, analizör, modelleyici, monitör, dönüştürücü ve tahminciden meydana gelmektedir. PARAMICS yazılımı, görselleştirme alanındaki grafikleri ile pek çok alternatif trafik akım senaryolarını modelleme konusundaki üstün özellikleri ile tanınmaktadır [46].

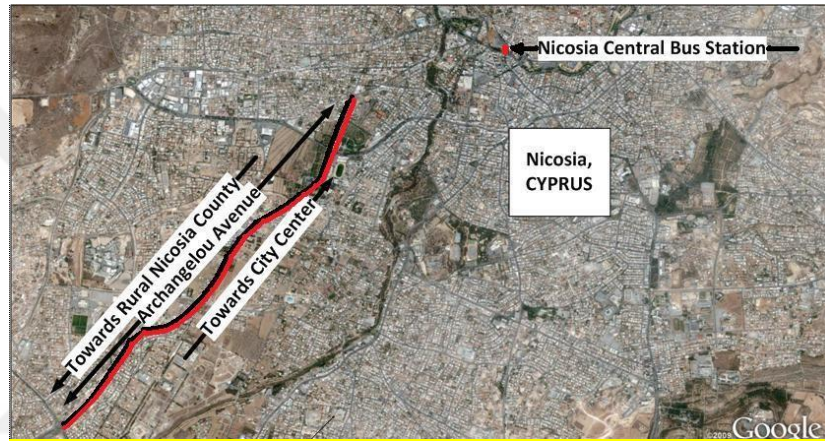
2.1.3. Simülasyon Yazılımlarının Mukayese Edilmesi

SMARTTEST Projesi incelendiğinde, Leeds Üniversitesi Ulaşım Araştırmaları Enstitüsü tarafından ulaşım ağlarının akışı konusundaki simülasyon çalışmalarının etraflıca araştırıldığı görülmektedir. Bu proje ile hedeflenen, karayolu trafiği yönetimi problemlerinin çözüme kavuşması amacıyla mikro-simülasyon araçları geliştirmek ve bu çözümlerin tasarlanarak kullanıcıya sunulmasıdır. Projede 50'den fazla simülasyon sisteminin kabiliyetlerini karşılaştırılmış olup bu karşılaştırmaya ait sonuçlara <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest> internet adresinden ulaşılabilir. Bu yazılımlar arasında yapılan diğer önemli inceleme ise VISSIM'in yaygın olarak kullanılan yazılım markalarından CORSIM, AIMSUN ve PARAMICS yazılımlarıyla karşılaştırılması ile elde edilen sonuçlara göre VISSIM yazılımının CORSIM, AIMSUN ve PARAMICS yazılımlarından bir adım öne çıktığı gözlemlenmektedir [47].

2.1.4. Mikroskopik Akım Modellerinin Kullanılmasının Avantajları

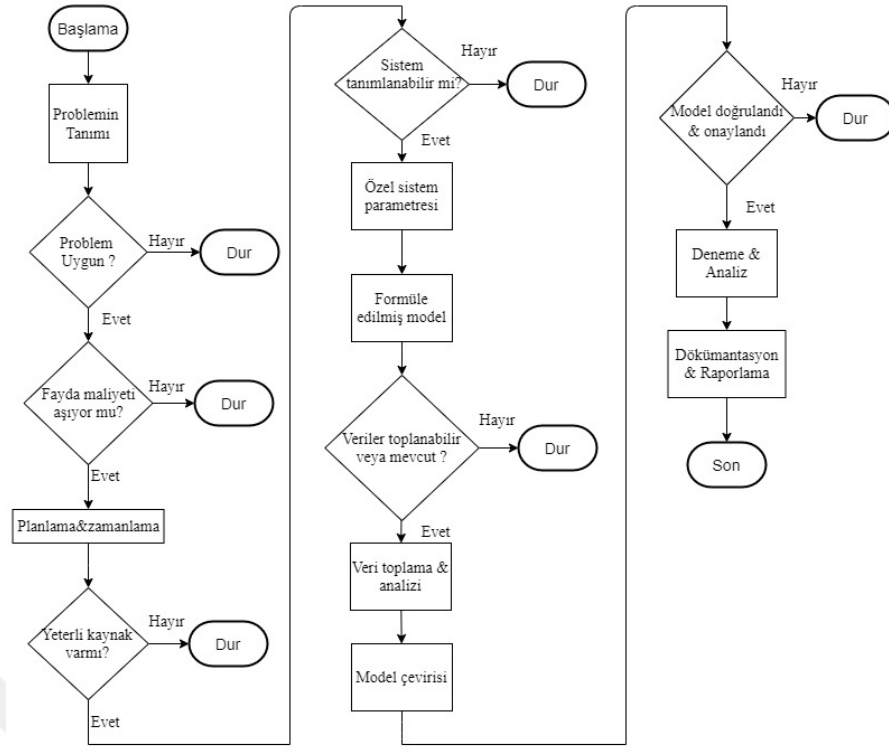
Mikroskopik akım modellerinin diğer yazılım sistemlerinde tercih ediliyor olmasının sebebi, mikroskopik modellerin alternatif trafik araçlarının kendi aralarındaki etkileşimlerini analiz etmemize imkan sağlamasıdır. Birbirine yakın kavşakların trafik sistemi üzerindeki etkilerini ya da çevrede bulunan diğer sistemler üzerindeki etkileşimleri analiz etmek için mikroskopik trafik simülasyon modellerinden yardım alınmaktadır. Öte yandan mikroskopik trafik simülasyon programları, büyük kentlerde mevcut trafik durumunun 3 ila 4 saati geçen yoğunluk durumlarında, sıkışık durumdaki yığılma ve yoğunluğu analiz ederek çözüm

üretilmesine olanak verir. Trafik sıkışıklığının maksimum seviyede olduğu anlarda trafik karmaşası oluşmaktadır ve bu gibi durumlarda çözümlerin analizi yalnızca mikroskopik simülasyon sistemlerin kullanılmasıyla çözümlenebilir. AUS projelerinde mikroskopik simülasyon sistemleri kullanımı daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere trafik olayları değişken sorunlar olduğundan bu tip sorunların simüle edilmesi çok karmaşık, sürekli yinelenen ve zorlayıcıdır. Aşağıda örnek olarak Kıbrıs'ın Lefkoşa kentindeki Archangelou Bulvarı trafik ağının modellenmesi gösterilmektedir. Bu ağda Lefkoşa kentinin kırsalını Archangelou Bulvarı ile ana iş merkezlerini bulunduran bölgeye bağlayan ana yol ele alınmıştır. Çalışılan alan Şekil 2-2'de gösterilmiştir.



Şekil 2-2: Örnek Güzergah Modeli

Gerçeği yansıtan simülasyon modeli geliştirilmek istendiği için kullanıcıların bu yerle ilgili önerilerine özellikle dikkat edilmiştir. “Archangelou Bulvarı Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulaması(BUSSIM)” çalışmasının hedefi, bilgisayar yazılım destekli simülasyon ortamında yapılan senaryo analiziyle hızlı ve kesintisiz otobüs yolu ağı planlamalarını test ederek hayata geçirmektir. Karayolunda ayrılmış otobüs yolu şeritleriyle otobüslerin geçiş güzergahları, maksimum kapasitede kullanım sunan yeni araç şeritleri gibi uygulamalarla ve alternatif senaryolar kullanılarak denenmiştir. Senaryo analizi, Archangelou Bulvarı trafik ağının mikroskopik simülasyon sisteminde simüle edilmiş ve bilgisayar destekli deneyler yapılmıştır. Şekil 2-3'te simülasyon sistemi yaklaşımında takip edilen aşamalar gösterilmiştir [48].



Şekil 2-3: Simülasyon Sisteminin Etapları

Problem tanımı yapmak tavsiye edilen yaklaşımın ilk adıımıdır. Değerlendirme sonucunda trafik ağı tıkanıklığı sorununun kaynağında bütün ulaşım modelleri için artış gösteren toplam seyahat sürelerinin yükselmesi olduğu görülmektedir. Lokasyondaki trafik yoğunluğu probleminin başlıca sebebi olarak ulaşım ağına artış gösteren araç sayısı ve buna bağlı olarak toplu taşıma araçlarının kullanımının azalması gösterilebilir. Karayolu ulaşım ağına ilave ulaşım alanları eklemek, durumu olduğundan kötü bir hale getirecektir. Bu durumla birlikte özel araç kullanımında gözle görülür bir artış olacak ve toplu taşıma araçlarına olan talepte düşüş yaşanacaktır. Bu sebeple, probleme uzun vadede getirilebilecek olan çözüm ise kullanıcıları toplu taşıma seçeneğine yönlendirerek bu probleme kalıcı bir alternatif oluşturmaktır.

Gelinen noktada çözüm bekleyen mesele toplu taşımanın nasıl çekici hale getirileceğidir. Sahada yapılan ankette Kıbrıslıların mevcut durumdan memnun olmadığı ve daha ileri düzeyde nitelikli bir ulaşım sistemi ihtiyacı olduğu anlaşılmıştır. Bundan dolayı modelleme ve simüle etme yönteminin kullanılmasındaki hedef, toplu taşıma ulaşım sistemi için daha hızlı ve efektif hizmet düzeyini sağlayabilecek olan ayrılmış otobüs hatları ve transit otobüs geçiş sistemleri gibi farklı varyasyonları irdelemektir. Bu süreçte üretilen çözümlerin

ulaşım ağı planlamasında diğerk ulaşım modlarına karşı herhangi bir negatif etkisinin olup olmadığı ise araştırılması gereken ayrıca bir konudur.

Söz konusu yönteminin hedefleri incelenerek, Archangelou Bulvarı'nın mikro ölçekte bir simülasyon sistemi çok yönlü şekilde ortaya konulmuştur. Örneğın trafik kontrolünde kullanılan sinyalizasyon, öncelikli geçiş kuralları, araç ve yaya yönlendirme tabelaları, yaya geçiş yolları işaretlenmiş veya işaretlenmemiş kavşaklar gibi dinamik ve statik model verileri gibi trafik verileri göze çarpmaktadır.

Mikroskopik modelleme yöntemi ve spesifik olarak mikroskopik modellemenin kalibrasyonu çok uzun soluklu olmasına rağmen simüle edilmiş sistem deneylerinde ortaya çıkan sonuçlara göre pek çok etkinlik ölçütü bakımından çok önemlidir. Hususiyetle, araştırılmakta olan farklı yöntemler için seyahat süreleri, trafikte oluşan kuyrukların uzunlukları, gecikmeleri, ortalama hızları, araçların şerit değiştirmesi ve diğerk performans kriterleri çok iyi bir biçimde hesaplanmıştır. Diğerk yandan senaryolar arası karşılaştırmalar yapılmış ve ideal senaryolar ortaya konulmuştur. Netice olarak simülasyon modelleri akıllı ulaşım sistemlerinin tasarımında ne kadar vazgeçilmez olduğu ortaya konulmuştur.

2.1.5. Simülasyon Modellerinin Genel Değerlendirmesi

AUS'un modellemesinde, hayata geçirilmesinde ve kontrolünün yapılmasında modelleme ve simülasyon sistemleri ilk basamaklar olup çok önemlidirler. Küresel ölçüdeki şehirlerde trafik sorunları, ulaşım sistemlerinin daha iyi yönetimi ve kontrolünü bir kez daha gündemimize taşımıştır. Daha da önemli olan zamanla gelişen trafik yönetimi ve trafik kontrol yöntemlerini kapsayan model ise bu sistemdir. Bu modeller arasında eş zamanlı olarak yapılan trafik durumu kontrol yöntemleri, eş zamanlı seyahat bilgileri ve trafik danışmanlık hizmetleri (aracın kalkış süresi, ulaşım modları tercihi ve güzergah seçimi, vb.) vardır. Yapılan ulaştırma araştırmaları, akıllı ulaşım sistemlerini planlamakta, tasarlamakta, sistemin işletilmesinde ve kontrolünde kullanmakta ve bununla beraber modeller ve bilgisayar destekli simülasyon sistemleri geliştirmeye odaklanmaktadır.

Bu bölümde trafik ağıının akışı teorisindeki önem arz eden gelişmeler üst ölçekten değerlendirilerek trafik ulaşım türünün iki ayrı seviyede modellenmesi irdelenecektir. Trafik akımının kesintisiz olarak kabul edilmesi makroskopik düzeyken, trafiğın sürücülerin davranışlarıyla yönetilmesi ise mikroskopik düzeydir. Bu analiz düzeylerine bakıldığında, makroskopik sistemlerin yüksek düzeydeki kullanılabilirliği göz ardı edilmeden, bilgisayar

destekli teknolojilerdeki gelişmeler sonucunda daha detaylı ve gerçeğe yakın trafik modellemelerine duyulan talep sonucunda günümüzde mikroskopik trafik modelleme yöntemlere daha fazla yönelim olduğu sonucu çıkarılabilir. Bilgisayar destekli simülasyon sistemi ortamında, farklı yol şartlarında sürücü ile araç arasındaki etkileşimler simüle edilebilir.

Öte yandan, VISSIM, AIMSUN, CORSIM ve PARAMICS gibi bilgisayar destekli simülasyon sistemlerinin AUS'un modellenmesine ve simüle edilmesine yeni nesil modellemelerde bir örnek olarak gösterilir ve bu modellemeler günümüzde hayata geçirilmektedir. Tavsiye edilen yaklaşım ise, problemin tanımlaması, modelin hedeflediği amaçlar, modellerin geliştirilmesi, modellerin kalibre edilmesi, yapılan modelin doğrulanması, alternatif senaryoların hazırlanması, bilgisayar destekli simülasyon sistem deneyleri ve bu deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi gibi farklı basamaklar içermektedir.

2.2. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ TASARIMINDA OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ

Kısıtlı olan maddi ve fiziki imkânlarla rağmen hızlı şekilde gelişen ve büyümekte olan ulaşım ağı talebine karşılık vermek şüphesiz kolay değildir. Özellikle, karayolunun ulaşım ağının büyümesi ve artan taşıt sayısı ile eş zamanlı hareket edemediği ortadadır. Dolayısıyla sıkışıklık ve gecikmelere sebep olduğu muhakkaktır. Bu sebeple, yeni yolların yapımı için efor sarf etmenin yanında, alternatif akıllı ulaşım yöntemleri ve ulaşım koordine sisteminin de geliştirilerek hayata geçirilmesi zaruridir. Yeni ve alternatif tekniklerin geliştirilme eylemi, ideal kapasitedeki kullanımla karşılaştırmalı analiz edilmelidir. Bu karşılaştırma ile yüksek öneme sahip iyileştirmelerin varlığı kanıtlanabiliyorsa, akıllı trafik yönetimi sistemi geliştirilmesinin ve uygulamalarının ortaya çıkardığı maddi giderlerin karşılanması makul görülür. Diğer yandan kapasite planlamasında optimizasyon modeli geliştirmek bu sisteme yardımcı olabilecektir. Örnek vermek gerekirse, belli bir istek düzeyinde, eğer ideal çözümler önemli oranda kötüleşirse, bu akıllı stratejilerden hiçbirinin istenen talebi karşılayamayacağını ve altyapılarının genişletilmesinde elimizde tek alternatif olacağını söylemek mümkündür.

Çağımızda araç ulaşımında görülen sorunların karmaşık veya dinamik olması bütün sistemlerin matematik temelli olarak modellenmesini imkansız hale getirir. Fakat AUS'un tasarımında tüm sistemler optimize edilmez, yalnızca sistemin ihtiyaç duyduğu gerekli

parçaların optimizasyonu yapıldığı için sistemin verimliliği açısından daha efektif geliştirmeler yapılmasına imkan sağlanacaktır. Bu kısımda AUS'un tasarımı yapılırken kullanılan optimizasyon sistemleri hakkında örnekler verilerek devam edilecektir.

Gallo et al. [49]. Sinyalizasyon Ayarlarının Global Optimizasyonu (GOSS) problemini incelemiş ve çözüm maksadı ile meta-sezgisel algoritmaya dayanan bir fikir ortaya koymuştur. Bu çalışmada kent ölçeğindeki bir ağın bütün geçit ve kavşak sinyallerinin ya da bazı sinyalizasyon edilmiş olan kavşakların sinyalizasyon ayarlarının optimize edilme problemine, topoloji ve bağlantı yönlerinin durağan halde olduğu ön kabulü ile başlanmıştır. GOSS sorunu, bir trafik ağının bütün ya da bazı sinyalizasyon parametrelerinin ortak halde optimize edilmesini sağlar. Bu sorun literatürde başka yerlerde büyük çapta irdelenmiş ve genel olarak azalan yöntemlerden ortaya çıkan farklı algoritmalar tavsiye edilmiştir. Bu tip algoritmaları incelediğimizde, eş zamanlı olarak gerçekleşen sorunlar için uzun süren hesaplama zamanları ile karşılaşırız. Uzun sürede gerçekleşen bu hesaplama süreleri, her bir iterasyonda yer alan hedef fonksiyonu saptamak için yol durum atanması yapma ihtiyaçlarından kaynaklanır. Bu örnek çalışmada var olan problemi çözmeye yönelik Olası Azalan Yön Algoritması sistemine dayanan çok yönlü hesaplama yöntemi önerilmektedir. Algoritma, lokal ve ideal halde bulunan bir çözüm yöntemi arar. Ayrıca farklı bir iterasyonda minimum hesaplama zamanı gerekebilir. Önerilen algoritmada, literatürde önerilmiş olan alternatif atama algoritmaları kullanılır, bu algoritma değişken istek seviyeleri altında eş zamanlı gerçekleşen bir sistemde test edilir. Elde edilen ilk sonuçlara göre, tavsiye edilen algoritma sonuçlarının performans değerlerinin iyi bir seviyede olduğu ve hesaplama sürelerinin de eş zamanlı ağlarda gerçekleşen planlama hedefleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Taşımacılık ağı optimizasyonu modeli, demiryolu hattının yerel ve ulusal seviyede daha iyi hale getirilmesi maksadı ile istenen planlama ve ulaşım politikası kararları için alternatif bir yardım yöntemi olarak tasarlanmıştır [50]. Taşımacılık ağı maksadıyla tasarlanan, yüksek taşıma kabiliyetine sahip makro ölçekli ağların tasarlama amacı stratejik yönden önemli bir temele dayanan trafik yönlendirme modelini baz almaktadır. Optimizasyon modeli karayolu hattı ve demiryolu taşıma hattını planlar ve değişik iki kargo modelini baz alarak çoğunlukla konteynerlerle taşınan ve farklı ulaşım modları arasındaki, yük aktarım terminallerinde başka ulaşım modları ile sorunsuzca değiştirilebilen çok modlu kargo taşımacılığı ve genel tüm kargoyu temsil eder. Optimizasyon süreci, kabul edilebilir bir hesaplama zamanında iyi çözümler sunan lokal arama sezgisel algoritmasını (local search heuristic) baz alır ve ulaşılan çözümün kalitesi, genelleştirilmiş toplam maliyetlerin ve CO₂

emisyollarının miktarı ile ilişkili olarak değerdendirilmektedir. Bu model hem mevcut ağıın hem de yeni ağların geliştirilmesine imkân sağladığı için yenilikçidir.

Seyahat talebinin az, değışken ve öngörülemez olması halinde konforlu bir toplu taşıma ağıının kurulması makul olmayabilir. TDU (Talep Duyarlı Ulaştırma) sistemleri bu problemleri talebe göre şekillenebilecek güzergah sırasında ve sıklığında optimum seviyede çözmeyi hedeflemektedir. Bu sorunlara getirilen çözümler tasarları ve sistemlerin kullanımı alternatif kriterler barındırır. Bundan dolayı, gelenekselleşmiş optimizasyon sistemlerinin kullanılması olanaklı olmaz. TDU sistemlerinin modellemesi ile birlikte işletilmesi sürecinde, işletmenin maddi giderlerini minimize etmek ve hizmet kalitesini maksimum düzeye çıkarmak için simülasyon ve optimize sistemlerini birleştiren geliştirilmiş bir Karar Destek Sistemi ortaya çıkarılmıştır [51]. Gerçek problemlerin doğurduğu sonuçlardan yola çıkarak geliştirilen farklı alternatifler ile tavsiye edilen yöntemin sahip olduğu potansiyel ortaya konulmuştur.

Frank-Wolfe algoritması [52], Tafeik Atama Problemi (TAP) için çözümler getirmek amacı ile kullanılmakta olan en çok tercih edilen algoritmadır. Son on yıla bakıldığında, TAP'ın çözümlenmesi maksadı ile güncel öneriler ortaya koyulmuştur. Bu algoritmalar incelendiği zaman, Frank-Wolfe'nin geliştirdiği algoritmadan elde ettiği sonuçlara nazaran daha verimli çözümler sağladığı ve daha büyük ölçekte gerçekleşen sorunların çözümünde daha ideal olduğu görölmüştür. Araç sayımlarını baz alan başlangıç-hedef matris çözümleme problemi, TAP'ın düşük seviyelerde seyrettiği iki farklı düzeye sahip olan optimizasyon sorunuyla karşıma çıkmaktadır. Başlangıç-hedef matrisinin uyarlanması probleminde güncel TAP yollarının sunduğu kolaylıklar kullanılmaktadır. Tavsiye edilen alternatif ve güncel metotlar kullanılarak orta ölçekte bulunan ağlardaki sayısal veriler ortaya konulmuştur [53].

Hareketli sürüş paylaşım sisteminin ana hedefi birbirlerine yakın rotaları kullanan ve zaman kullanım çizelgeleri benzer olan bireyleri minimum sürede buluşturmaya amaçlamaktadır. Bu sistemler, bireysel ulaşım maksadı ile kullanılan araç sayısını en aza indirmek ve toplu taşımada yolcular tarafından kullanılan yerlerin kapasitesini yükselterek önemli ekonomik ve toplumsal faydalar sağlamak amacı güderler. Araç kullanıcılarını eş zamanlı olacak biçimde bir araya getiren efektif ve yüksek verim sağlayan bilgisayar destekli optimize sistem teknolojisi yüksek başarı oranına sahip olması hedeflenen değışken bir sürüş paylaşım sistemi için en önemli bileşenlerin başında gelir. Agatz et al., [54] 'e göre aktif sürüş sistemini desteklemek amacı ile yapılmış çalışmalar ile görölen optimize sistemin sorunları irdelenmiş ve bu sorunlarla ilgili yapılmış akademik çalışmalar incelenmiştir.

Shah ve ark. kesişen yollardan oluşan bir şebeke üzerinde araçların programlanmasıyla ilgili bir vaka çalışması aracılığıyla optimizasyon modellerini akıllı ulaşım sistemlerini en yüksek kapasite kullanımında değerlendirmek için kullanmışlardır [55]. Çalışmada karışık tamsayılı programlama modeli ve uzay-zaman-ağ akışı modeli olmak üzere iki optimizasyon modeli geliştirilmiş ve ikinci modelin önemli ölçüde daha etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, problemin güçlü bir şekilde NP-hard olduğu kanıtlanmış ve iki polinom-zamanlı sezgisel yöntem geliştirilmiştir. Sezgisel çözümler daha sonra uzay-zaman ağ modeli kullanılarak elde edilen optimal kapasite kullanımı ile karşılaştırılmıştır.

2.3. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN GELECEĞİ

Yürütülen çalışmalar sonucunda önümüzdeki yıllarda AUS alanındaki gelişmelerin ivmelenerek artacağı öngörülmektedir. Yakın zamanda, AUS'a olan ihtiyacın merkezinde bulunan araç trafiğinin düzenlenmesi hedefi gelişerek, kargo taşımacılığı, hava yolu yük taşımacılığı, yolcu amaçlı hava yolu taşımacılığı, deniz yolu taşımacılığına dönüşecek ve ayrıca kişilerin tercihlerine dayalı hızlı transit sistemlerini de içerisine alacak şekilde diğer ulaştırma modları ile entegre olacaktır. Bu ulaştırma sistemlerine duyulan ihtiyaç üç sebepten dolayı daha bariz olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebepler aşağıda belirtilmiştir [56].

- Ulaşım hızlarının artması,
- Akıllı ulaştırma sistemleri kullanıcılarının sayısının artması,
- Doğru ve anlık bilgi talebindeki artış.

Bilimsellik ve mühendislik açısından bakılacak olunursa AUS teorik ve teknolojik alanlarda gelişme gösterecektir. Buradan hareketle, herhangi bir kullanıcının tercihi göre, istenen sonuç, alternatif ulaşım modlarının kesintisiz olması ve birbiriyle birleşmesinin sağlanması ile mümkün görünmektedir. Gerçekleşmesi planlanan bütünleşme sonucunda, AUS kullanıcıları aşağıda belirtilen sonuca ulaşacaklardır [57].

- Dünya üzerindeki herhangi bir bölgeden, AUS kapsamındaki bir ulaşım modu hakkında bilginin doğrudan elde edilmesi,
- Aktif olarak kullanılan bir ulaşım modundayken diğer ulaşım modlarının kullanılması için rezervasyon yapılabilmesi.

Söz konusu AUS dağıtık mimarisine (birden fazla bilgisayar ve/veya sunucunun birbirleri arasında iletişim kurması ve birbirleri ile replika şekilde bir ağ bütünü olarak çalışması) sahip sistemlerin modellenmesi için kullanılacak bilgi kesinliği, doğruluğu ve zamanlaması önemlidir. Akıllı ve kişiye özel karar destek imkanlarından yararlanan sistemi kullananlar, ideal güzergahı hesaplayarak mevcut konum bilgisini işleyebilir böylece karayolu, demiryolu, denizyolu ve havayolu olmak üzere alternatif ulaşım tercihlerini kullanıp güzergahta revizeler yapabilir. Yeniden planlama sürecinde genellikle göze çarpan sebepler, mevcut durumdaki değiştirilmiş ulaşım ağındaki kullanıcının tercihindeki ve gereksinimlerindeki farklılaşmayı ve hesaplanan birey kaynaklı rötarları içermektedir [58].

Bilgi teknolojileri kompleks ve maliyetlidir. Bu sebeple planlanan ulaşım yatırımlarının hacmi sebebi ile makul zaman süresince aktif olmaları hedeflenmektedir. Bundan dolayı geliştirilen anlayışın sağlam ve kapsayıcı olması zorunluluğu vardır. Bu sistemler zamanla oluşacak gereksinimleri karşılayabilmek için sürekli gelişime dayalı olmalıdır. Bununla beraber sistem mimarisinin verimli ve ekonomik olması beklenmektedir. Sistem mimarisinin ve tasarım revizyonlarının mutlak detayları, günümüzde en çok kullanılan bilimsel yöntem olan davranış modellemesi ve senkronize olmayan dağıtılmış simülasyon yöntemleri yardımı ile yapılmalıdır. Bir sistemin onlarca simülasyon çalışmasına ihtiyaç duyabileceği dikkate alındığında, davranış modellemesi ve senkronize olmayan dağıtılmış simülasyon girift sistem davranışı üzerine bize ciddi sonuçlar verecektir. Sonuçta, gelecek yıllarda kullanılacak bilgi sistemleri teknolojilerinin geliştirilmesi için çok kıymetli araç oluşturmaktadır. Buna örnek olarak belli bir lokasyonda olan çok sayıda TYM'nin (Trafik Yönetim Merkezi) entegrasyonu gösterilebilir. Bir davranış modellemesi ve simülasyon çalışması uzun vadeli ve stratejik hedefler kümesi için kurulacak sistemin sahip olması gereken ara bağlantı topolojisine ve merkezler arasındaki bilgi alışverişinin doğasına ilişkin anlamlı ve değerli bilgiler sağlayabilir. Bu aşamada sistemlerin kurulmasına yönelik yapılan yatırım maliyeti ve sistem oluşturulduktan sonra ortaya çıkan sistem yetersizliği büyük oranda nakit israfı ve zaman kaybına neden olacaktır [59].

2.3.1. Gelecekteki Potansiyel Çalışma Sahaları

Bilgi sistem teknolojileri projelerinin bir bölümü ulaşım fikri ve sahanın belli kısımlarını incelemek maksadı ile tercih edilen laboratuvar çalışmalarından meydana gelmektedir. Hedef, ekonomik kaynakları yükseltmek ve farklı alanlardaki araştırmaları içeren

farklı teknolojilere ihtiyaç duyan kompleks bağımsız sistemlerin geliştirilmesidir. Gelecekte umut veren çalışma alanları hedeflenmelidir.

2.3.1.1. Simülasyon ve Modelleme

Simülasyon ve modelleme üzerinde titizlikle çalışılması gereken ar-ge sahasıdır. Böylece, bilgi sistemi mimarisi araştırılabilir, analiz edilebilir, ölçülebilir ve değerlendirilebilir [60]. Matematik temelli çözümlerle, sahadaki mevcut durum modellenir ve sadece gerçeğe yakın sonuç veren sistemler vasıtası ile analiz yapma imkanı elde edilebilir. Bu sebeple, simülasyon ve modelleme yardımı ile tasarımları hayata geçirmeye gerek duymadan geliştirme, değerlendirme ve değiştirme kabiliyeti kazanabiliriz. Bilgi sistemleri ekseninde, simülasyon modellerinin dağıtım için hedeflenen ürün ve hizmetlerin birçoğunun yeni olması durumu ile olası etkilerin detaylı bir biçimde analiz edilmesi gerektiğinden, simülasyon modellerinin çokça tercih edileceği görülmektedir. Son dönemlerde, tüm sahalarda analizi desteklemek için daha önce tartışılan bilgi sistemlerinin hemen hemen hepsinin simülasyon modelleri üretilmiştir. Devam eden satırlarda simülasyon sistemlerinin uygulanmasına yönelik örnekler verilmiştir [61].

2.3.1.2. Gezgin Bilgisi

Sürücü bilgisinin simülasyonu, insan hareketlerinin modellenmesini yani farklı alternatifler arasındaki seçimi temsil eden bilgilere tepki verilmesini gerektirir. Birçok durumda davranışlar, her koşul sonucunda ortaya çıkan maliyeti tespit eden bir maliyet fonksiyonu ile ifade edilir. Bu maliyet fonksiyonu uygulamada bir anket çalışmasını referans olarak geliştirilir [62].

2.3.1.3. Trafik Yönetimi

Taşıtların ve ulaşım ağlarının temsil edildiği bir simülasyon modeliyle ağın modellenmesi, araçlar ve kullanıcıların davranışlarını ve birbirlerine olan etkileşimlerini analiz etme imkanı sunar. Bu sistem modelinde, ulaşım ağı spesifik şekilde bir dizi düğüm ve bağlantı olarak örneklendirilmektedir. Bir yolun toplam uzunluğu, genişliği vb. durumlar bir link olarak ifade edilir. İki ya da daha çok bağlantının birleştirilmesiyle bir düğüm oluşur. Taşıtlar türlerine göre, hususi araçlar, ticari araçlar, nakliye araçları, toplu taşıma araçları

olarak ifade edilir. Her model, ivmelenme, maksimum hız ve gerekli yol boşluğu ile ifade edilir [57]. Simülasyon ve modelleme üzerine yapılmış en iyi geliştirmelerin başında, gerçek nesneleri ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini sayısal temelde ifade eden göstergelere çevrilmesi gelmektedir. Bu noktada pek çok hata ve yanlışlık ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı, dinamik modeller ve parametre tanımlama alanı daha çok ar-ge çalışması yapılmasını gerektirmektedir.

2.3.1.4. Araçlarda Kullanıcı Davranışı

Diğer öncelikli nokta ise, araç kullanıcısının davranışının modellenmesi ve simüle edilmesidir. Ulaştırma da kullanılan geliştirilmiş teknolojik cihazları kullanan araçları daha da geliştirilmek amacı ile taşıt ve kullanıcısının etkileşiminden toplanan veriler yeni taşıtların geliştirilmesi için fayda sağlamaktadır [57].

2.3.1.5. Tam Otomatik Sistemler

Yüksek veya tam otomasyon, sürücü üzerindeki dışsal etkiyi minimize ederek, sürüş süresince sürücünün dikkatsizliğinden doğabilecek sorunları azaltıp, trafik güvenliğinin maksimum düzeye çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sistemin diğer önemli etkisi ise sürücülerin kullanım şekillerini optimize ederek, ani hız değişimlerini minimize edip, dur-kalkları azaltarak, özellikle kent içindeki yollar ve buna bağlı şehirlerarası yollarda oluşacak trafik yoğunluğunun azaltmasıdır. Böylece kullanılan araçlardaki kilometre başına yakıt tüketimi azaltılır ve buna bağlı olarak elde edilecek düşük emisyonla çevre üzerinde olumlu bir etki sağlanır [63].

Şehirlerarası yollarda yüksek veya tamamen otomatik sürüş modelinin kullanılmasının, zorunlu yasal süreçlerin sağlanmasından sonraki 10 ila 15 yıl içinde kabul göreceği düşünülmektedir. Kent içindeki alanlarda tasarlanan otomatik sürüş modelinin uygulamasından doğacak karmaşıklıktan dolayı bu sistemlerin kullanılacağı araçları güvenli olması için ek teknolojik donanımlara ihtiyaç vardır [64].

3. YERLEŞKELER

Bu bölümde üniversite yerleşkeleri ile ilgili tarihsel gelişim, toplumun gelişmesindeki rolleri, yerleşke – kent ilişkileri, coğrafi konumun belirlenmesi, bölgedeki doğal verilerin etkisi, ulaşım ağı tasarımı, AUS teknolojilerinin kullanımı gibi konular detaylı olarak ele alınmıştır.

3.1. ÜNİVERSİTE VE YERLEŞKELERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Üniversite, Latince “universitas” kelimesinden batı dillerine university olarak geçmiştir. Bizim dilimize Fransızcadan geçen üniversite kelimesi tüm bilgilerin öğretildiği kurum anlamına gelmektedir. Üniversite kavramı ilk olarak Orta Çağ’da anılmaya başlanmış ve bağımsız, ortak yararlar için sahip insanların oluşturduğu topluluklardır [59]. Günümüzde Üniversiteler, toplumların kültür, bilgi ve gelişmişliklerinin göstergesidir. Üniversiteler sahip oldukları bilgi ve insan birikimiyle toplumun geleceğine yön vermektedir. Günümüzde ise üniversitelerin üç temel işlevi vardır. Bunlar; Eğitim-öğretim, araştırma-uygulama ve toplum hizmetleri olarak sıralanabilir [65].

Üniversiteler; bilgi, deneyim ve birikimlerini gelecek nesillere temel işlevi olan eğitim öğretim işlevi ile aktarmaktadır [66]. Burada üniversiteler, bireylerin kendilerini bilgi, yetenek ve kültür açısından hazırlayıp toplum içinde daha donanımlı olarak yer almasını sağlar. Ayrıca üniversiteler araştırmacı insanların oluşturduğu topluluktur. Dünyaya sunulan çalışmalar bilimsel verilere ve yöntemlere dayandırılır [66]. Üniversiteler kurulurken parçası olacakları kentin ve toplumun hali hazır durumunu, özelliklerini ve ihtiyaçlarını gözetenek planlanmaktadır. Dolayısıyla, üniversitelerin kurulduğu kentlerde kentin fiziksel, kültürel, sosyal ve ekonomik açıdan geliştiği ve kalkınma sağladığı görülmektedir [67].

Üniversitelerin, çok eski tarihlerde kurulmuş oldukları bilinse de ilk kurumsal olarak tanımlanması Orta Çağ’da olduğu kabul edilmektedir. 6. yy.’da Hristiyanlık Avrupa’da ortak din olarak kabul edilmesiyle kiliselerin bünyesinde din, felsefe ve hukuk alanında eğitim veren okullar kurulmuştur. Orda çağda okullar tek yapıdan oluşmaktadır. Bu okullar, bilim ve yeni görüşlerden etkilenmemesi amacıyla kiliselerin içerisinde dış dünya ile bağlantısı olmayacak şekilde tasarlanmışlardır. Üniversiteler, geçmişte katedral okullarından örnek alarak gelişen, manastır geleneğini sürdüren ve genellikle bulundukları şehirlerin adını taşıyan kurumlar olmuştur. Böylelikle üniversitenin tüzüğünün oluşturulmasında kentlerin direkt katkısı olmuştur. Şekil 3-1’de Bologna üniversitesi (1088) ve Şekil 3-2’de Paris Üniversiteleri [69,70],

11. Yüzyıl Avrupa'sının en eski ve köklü kurumları olarak karşımıza çıkmaktadır [68]. Günümüz üniversitelerinin temelini bu eski ve köklü kurumlarda atıldığı düşünülmektedir.



Şekil 3-1: Bologna (1088)



Şekil 3-2: Paris Üniversiteleri

İslam kültüründe, ilk eğitim yapıları medreselerdir. Dini ve beşeri ilimlerin öğretildiği medreseler genellikle cami ve külliyesi içerisinde veya yakınında kurulmuştur. Büyük Selçuklular döneminde kurulmuş olan Nizamiye Medreseleri vezir Nizamülmülk'ün adıyla anılmaktadır. Amul, Basra, Belh, Herat, İsfahan, Musul ve Nişabur'da benzerleri bulunan Bağdat'taki Nizamiye Medresesi medreselerin merkezi ve en büyüğü olarak kabul edilmektedir.

Bağdat Nizamiye Medreseleri yükseköğretim kurumları olarak kabul görürken diğer medreseler, müderrislerin eğitim düzeyine göre orta ya da yükseköğretim kurumları olarak kabul edilmektedir [71]. Şekil 3-3'te dünyanın en eski üniversitesi olan Karaviyyun Üniversitesi 1100 yılı aşkın bir süredir faaliyetine devam etmektedir ve eğitim süresi 12 yıldır [72].



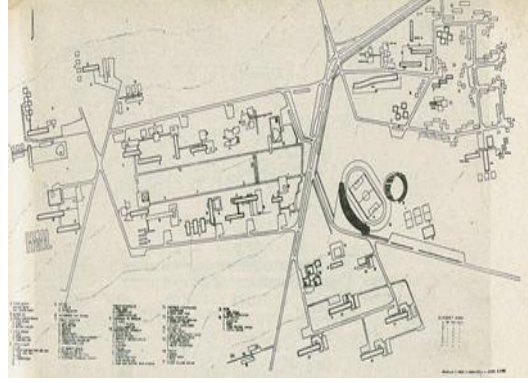
Şekil 3-3: Karaviyyun Üniversitesi

Yağıbasan Medresesi, 1157–1158 yılları arasında Nizameddin Yağıbasan tarafından yaptırılmıştır. Tokat'ın Niksar İlçesindeki Niksar Kalesi'nde yaptırılan medresede tıp eğitimi verilmiştir. 'Şekil 3-4'te gösterilen Yağıbasan Medresesi, Anadolu'nun ilk medresesi olarak bilinmektedir [73].



Şekil 3-4: Yağıbasan Medresesi

açılarak yapılan ilk yerleşke örneği olarak karşımıza çıkmaktadır [76]. Atatürk Üniversitesi vaziyet planı incelendiğinde eğitim birimlerinin ve sosyal alanların dağınık şekilde yerleştirildiği görülmektedir.



Şekil 3-6: Atatürk Üniversitesi vaziyet planı

3.2. ÜNİVERSİTELERİN NİTELİKLERİ VE TOPLUMUN GELİŞMESİNDEKİ ROLÜ

Üniversitelerin günümüzde sahip oldukları üç temel işlev vardır. Bunlar; Eğitim-öğretim, araştırma-uygulama ve toplum hizmetleridir [65]. Üniversiteler temel işlevi olan eğitim öğretim işlevi ile bilgi ve deneyim birikimlerini geliştirerek gelecek kuşaklara aktarmaktadır [66]. Üniversitelerde bireyler, bilişsel yeteneklerini geliştirerek sosyokültürel olarak topluma kolay şekilde adapte olurlar. Farklı açıdan baktığımızda üniversite, araştırma yeteneği yüksek bireylerin oluşturduğu topluluktur. Çıkardıkları ürünler, bilimsel metotlar baz alınarak yapılmakta ve bu şekilde dünyaya sunulmaktadır [66].

Nihai sonuca bakıldığında toplum hizmetleri değerlendirilirse; Üniversiteler kente entegre olacak bütünsel bir parça olarak ele alınarak, kent ile uyum içerisinde olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu yüzden, üniversite kurulmuş olan kentleri incelediğinde kentlerin fiziksel, ekonomik, sosyal açıdan geliştiği görülmektedir [67]. Diğer yönden, yapılan bilimsel çalışmaların toplumun gelişmesine büyük katkı sağladığı yadsınamaz bir gerçektir.

3.3. ÜNİVERSİTE VE YERLEŞKELERİN BULUNDUKLARI KENT İLE İLİŞKİSİ

Üniversiteler bulundukları kente sosyo-kültürel ve ekonomik olarak katkı sağlamaktadır. Üniversiteler sadece eğitim ve araştırma yapan kurumlar olarak değerlendirmek

yanlış bir yaklaşımdır. Üniversiteleri toplumdan uzak bağımsız olarak modellemek imkansızdır. Üniversitelerin kentte bulunan imkanlardan faydalanması, Üniversiteye ait tesislerin de o kentte yaşayanlar tarafından kullanılması üniversite ve kent halkı arasında doğrudan bir ilişki kurulmasına neden olmaktadır [77].

20. Yy. başlarından kentlerde görülen yapısal yoğunlaşmanın etkisi üniversitelerde de büyüme ve gelişme sorunları kendini göstermektedir. Kent dışında yeni bağımsız yerleşim yerlerinin kurulması ile üniversitelerin yerleşim sorunu çözülmüştür. Buna ilk örnek olan Amerikan yerleşim modeli, dünya genelinde kabul görerek günümüze kadar ulaşmıştır [75].

3.4. ÜNİVERSİTE YERLEŞKELERİNİN KONUMUNUN BELİRLENMESİ

Üniversitelerin akademik ve bilimsel çalışmaları gerçekleştirmesinin yanında ait olduğu şehir ile olan bütün ilişkileri de büyük önem taşımaktadır. Türkiye geliştirmekte olan sınırlı kaynaklara sahip bir ülke olduğu için üniversitelerin yer seçimi rasyonel bir planlama ve yaklaşım gözetilerek yapılmalıdır [78].

Ülkemizde üniversiteler ilk dönemlerde büyük kentlerde kurulmuştur. Küçük kentlerde kurulan üniversiteler, bölgenin gelişimi için bir araç olarak görülüp eğitim düzeyinin yükseltilmesini amaç edinerek kurulmuştur [79].

Üniversitelerde yerleşke seçiminde geçerli olan kriterler:

- Seçilen alanın büyüklüğü ve şekli (sınırlar, biçim, alan),
- Büyüme potansiyeli (rezerv alanlar, doğal sınırlar, gelişme maliyet yansıtımı),
- Jeolojik, topoğrafik jeomorfolojik ve teknik özellikler (üst zemin, tesviye eğrileri, jeolojik, jeomorfik, hidrojeolojik durum),
- Teknik ve altyapı bağlantıları (enerji, su, kanalizasyon, telefon),
- Halihazırda bulunan yapıların durumu ve altyapı bağlantıları (yıkılıp, sökülecekler veya muhafaza edilecek yapı, enerji hattı vb.),
- Çevresel etkiler (gürültü, koku, duman, titreşim, çevre kirliliği),
- Çevresel bağlantı ve ilişkiler (kent ilişkisi, esas ikamet bölgesi, araç ve yaya trafiği, tarihi yapılar vb.),
- Görsel unsurlar (manzara, bitkiler vb.),
- İklim faktörleri (ısı, rüzgâr, nem, yağış, güneş)
- Tarımsal alanlar [77].

Son olarak, arazi seçiminde değerlendirilmesi gereken konulardan birisi de arazinin maliyetidir. Fiyat değerlendirilmesi yapılırken arazinin mülkiyet durumu, hukuki durumu, imar

durumu vb. kriterler dikkate alınarak fiyat değerlendirilmesi yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, ortaya çıkan masraflar hesaplanırken arazide yapılacak inşaat faaliyetlerinin hazırlanmasında ortaya çıkan masraflar da eklenmelidir. Ancak, ülkemizde devlet üniversitelerinin çok olması ve bununla birlikte üniversitelere ayrılan bütçelerin sınırlı olması arazi seçiminde kamu arazilerinden birinin tahsis edilmesine neden olmaktadır. [77].

3.5. YERLEŞKE TASARIMINA BÖLGENİN DOĞAL VERİLERİNİN ETKİSİ

Doğru yerleşke tasarımı, bölgenin doğal verileri incelenip değerlendirilmesi yapıldıktan sonra yapılmalıdır. Doğal veriler ve arazi yapısına en uygun yerleşim planı tasarlanarak binalar ile dış mekanlar arasında istenen işlevsellik sağlanır. Doğal veriler; Topoğrafik durum ve iklimsel veriler olarak ele alınır.

3.5.1. Topoğrafik durum

Topoğrafik durum, yerleşke alanı arazisinin özelliklerine göre şekil alır. Arazi yapısına göre tasarımın değerlendirilmesi yapılır. Arazi yapısı; düz alanlar, içbükey alanlar, dışbükey alanlar, vadi oluşturan yükseltiler ve sırtlardır.

Arazi düzleminin ufuk çizgisi ile aynı olduğu alanlar düz alanlar olarak nitelendirilir. Statik ve yer çekimi ile dengede olan bu alanlarda kişiler fazla enerji harcamaz. Kullanıcılar bu alanlarda kendilerini rahat ve güvende hissederken bu alanlar fonksiyonel ve görsel olarak karakteristik özelliğinden dolayı tercih edilir. Yerleşke düz bir arazide tasarlandığında alanlar yatay ve düşey düzlemde birbiriyle uyum içerisinde çalışır. Düz alanlarda hareketi kısıtlayan herhangi bir doğal faktör olmaması daha özgün ve fonksiyonel açıdan çeşitli tasarımlar yapılmasına olanak sağlar. Spor alanları, otopark ve yapı gruplarını içeren tasarımlar düz alanlarda daha kolay şekillenir [80].

Bir arazide düzlemin çevresinden yüksek olduğu alanlar dışbükey alanlar olarak tanımlanır. Bu dışbükey alanlar doğal çevrenin özelliği olan dağ, tepe gibi konveks alanları göstermektedir. Dışbükey alanlar yapısı nedeniyle düz alanlara göre daha çok dikkat çeken, dinamik alanlardır. Bu alanlar estetik ve fonksiyonel olarak alana değer kazandırırken biçiminden dolayı odak noktası görevi görürler. Dışbükey alanlar arazide mikro ikliminin oluşumuna yardımcı olurlar [80].

İçbükey alanlar iki dış bükey alanın yan yana gelmesi sonucunda arada kalan bölgede oluşmaktadır. Kullanıcılar bu alanın biçiminden dolayı kapalı mekandaymış izlenimine kapıldıkları için kendilerini daha güvenli hissetmektedirler [81].

Vadiler, dışbükey ve sırt oluşumları ile benzerlik gösteren oluşumları içerir. Vadiler biçimlerinden dolayı düşük kotlu alanların oluşturulmasına da olanak sağlarken, birçok aktivitenin burada konumlandırılmasında zemin hazırlar. Teraslama yapılarak oluşturulacak planlama alt yapı ve yerleşim şemasında kolaylık sağlar.

Sırtlar, içbükey araziler ile benzer özellikleri taşırlar. Sırtlar, vadileri ve düz alanları birbirinden ayıran yapısı dolayısıyla çevresinde mikro klima özelliği oluşturmaktadır. Birbiri ile paralel aksta yerleşmiş olan mekânlar arası ulaşımında kolaylık sağlarlar [80].

3.5.2. İklimsel Faktörler

İklimsel faktörler, yerleşke mikro klimasından ve alanın doğal özelliklerinden direkt etkilenir. İklimsel koşullar dış ortamda yapılacak planlamada oldukça etkilidir. Örneğin; yerleşke içerisinde tasarlayacağımız yapılar arası bağlantı yolları doğrudan bölgenin iklim yapısı ile ilişkilidir. Yerleşke ulaşımı yaya olarak ve araç ile sağlanacağından iklim koşullarına göre tasarım yapılmaktadır.

3.5.3. Yerleşke Yerleşim Şemaları

Üniversite yerleşkelerinin kent dışında planlanması, birçok ihtiyacın yerleşke bünyesinde karşılanması sonucunu doğurmaktadır. Bu yüzden, yerleşke planlaması yapılırken üniversitenin fiziksel olarak gelişmesi ve ana işlevleri arasında bağlantı kuran altı tip yerleşim sistemi oluşturulmuştur.

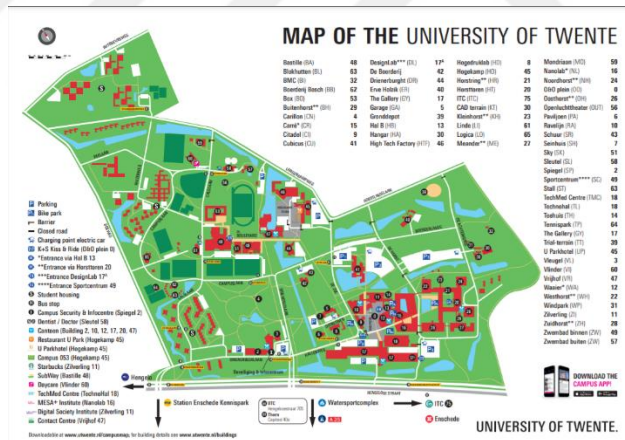
3.5.3.1. Yaygın Yerleşke Şeması

Yapı yoğunluğunun seyrek olduğu bu sistemde, arazi üzerine yapılar dağınık olarak yerleştirilmektedir. Ortak kullanılacak tesisler yerleşkenin merkezinde konumlandırılır. Akademik birimler ile bu tesisler arasında boşluk bırakılır. Bu durum Şekil 3-7’de gösterilmiştir [82]. Yapı yoğunluğunun minimum seviyede olması ve yapıların aralıklı olarak yerleştirilmesi birimler arasındaki iletişimin zayıflamasına, ulaşımın zorlaşmasına ve mekânsal kurgunun uzun sürede tamamlanmasına neden olmaktadır. Bu sistemin uygulanabilmesi için kent çevresinde

ya da dışında geniş alanlar gerekmektedir. Ancak topoğrafya bu sistemi doğrudan etkileyen bir özellik değildir [77]. Şekil 3-8’de gösterilen Twente Yüksek Okulu yaygın yerleşim sistemine göre kurgulanmış bir üniversite modeline sahiptir [83].



Şekil 3-7: Yaygın yerleşke şeması

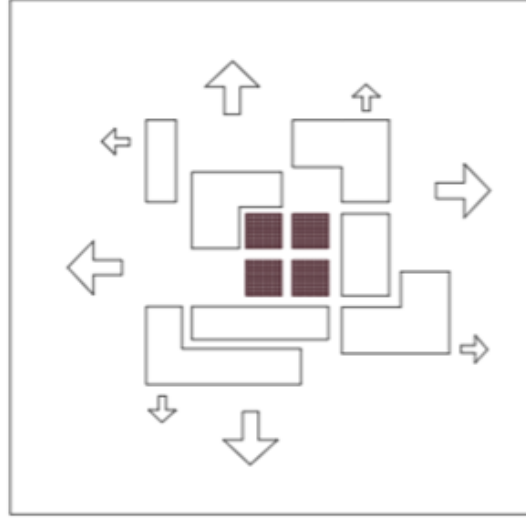


Şekil 3-8: Twente Yüksek Okulu planı

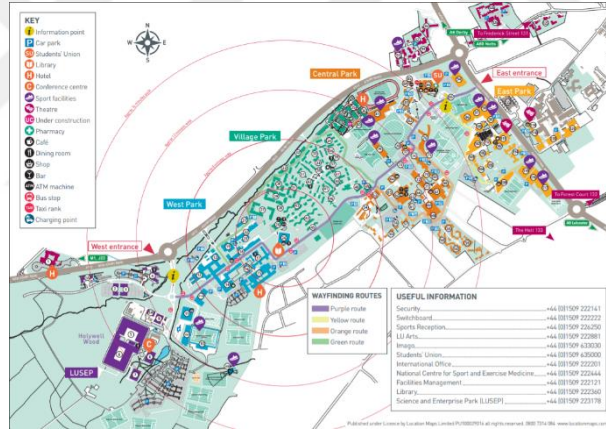
3.5.3.2. Merkezi Yerleşke Şeması

Yoğunluğun yüksek olduğu bir yerleşime sahip olan sistemde, ortak kullanılan birimler merkezden yayılan biçimde akademik birimlerin merkezinde yer almaktadır. Bu durumun bir örneği Şekil 3-9’da şematik olarak gösterilmiştir [82]. Merkez ile diğer bölümler arasındaki mesafe kısa olduğu için yerleşke içi ulaşım oldukça rahattır. Ancak içe dönük bir yapısı olduğu

için çevresi ile bağlantısı zayıftır [77]. Şekil 3-10’da gösterilen Loughborough Üniversitesi merkezi yerleşke sistemi ile tasarlanmış bir yerleşkeye sahiptir [84].



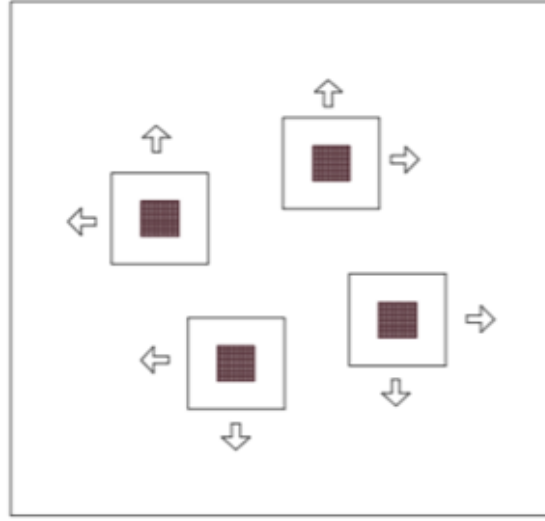
Şekil 3-9: Merkezi yerleşke şeması



Şekil 3-10: Loughborough Üniversitesi planı

3.5.3.3. Moleküler Yerleşke Şeması

Moleküler yerleşke şeması, farklı yapısal ve düzen çekirdeklerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Moleküler yerleşke şeması Şekil 3-11’de gösterilmiştir [82]. Her çekirdeğin kendine ait ortak kullanım alanları bulunmaktadır ve yüksek yoğunluğa sahiptir. Ancak sistem bir bütün olarak değerlendirildiğinde merkezi yerleşke şemasına nazaran yoğunluğun olumsuz etkisi azalmaktadır. Bu nedenle çekirdekler arasında güçlü bir ulaşım sistemi kurulması gerekmektedir [77]. Şekil 3-12’de gösterilen San Diego Üniversitesi moleküler yerleşke sistemi ile tasarlanmıştır [85].



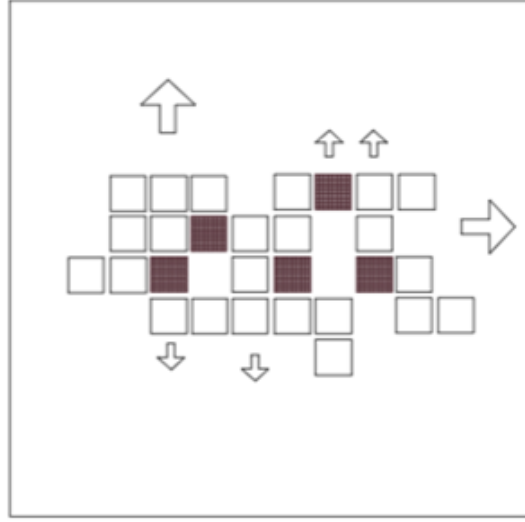
Şekil 3-11: Moleküler yerleşke şeması



Şekil 3-12: San Diego Üniversitesi planı

3.5.3.4. Şebeke Yerleşke Şeması

Izgara biçiminde oluşturulan sistem, yerleşkede bulunan bütün fonksiyonlar arasında bir bağ kurulmasını sağlamaktadır. Şebeke yerleşke şeması Şekil 3-13'te gösterilmiştir [82]. Sistemin birbirine bağlı avlulardan meydana gelmesi yüksek yoğunluk oluşturur ve iç ulaşım oldukça kolaydır. Şebeke yerleşke sisteminin kurulabilmesi için engebesiz düz alanlar gerekmektedir [77]. Şekil 3-14'te gösterilen Freie Üniversitesi şebeke yerleşke sistemi ile tasarlanmıştır [86].



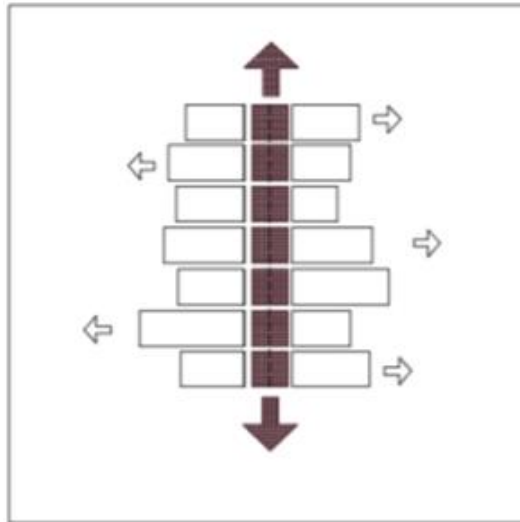
Şekil 3-13: Şebeke yerleşke şeması



Şekil 3-14: Freie Üniversitesi

3.5.3.5. Lineer Yerleşke Şeması

Lineer yerleşke sistemleri, doğrusal bir şerit üzerine yerleştirilmiş ortak kullanılan tesisler ve etrafına oluşturulan diğer fonksiyonel yapılardan oluşmaktadır. Lineer yerleşke şeması Şekil 3-15'te gösterilmiştir [82]. Yapılar kullanım amacına göre merkezden uzaklığına oranla genel kullanım ve özel kullanım olarak sınıflandırılır. Aks görevini üstlenen bu yerleşke sistemi, yaya-taşıt ulaşım sisteminin birlikte düzenlenmesini sağlamaktadır. Bu yerleşke sistemi, üniversitenin kendi içinde bütünleşik bir şekilde büyümesine olanak sağlayan bir sistemdir [77]. Şekil 3-16'da gösterilen Illinois State Üniversitesi lineer yerleşke sistemi ile tasarlanmıştır [87].



Şekil 3-15: Lineer yerleşke şeması

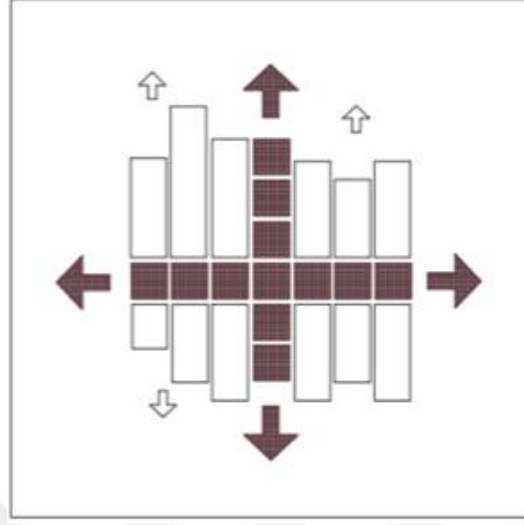


Şekil 3-16: Illinois State Üniversitesi Üniversitesi planı

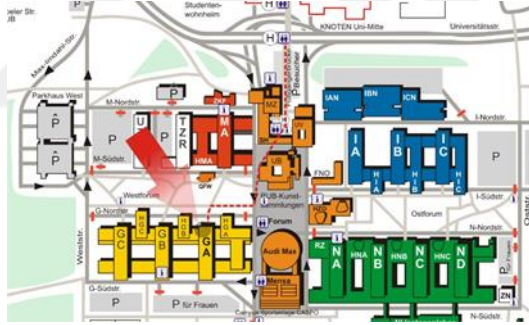
3.5.3.6. Haç Tipi Yerleşke Şeması

Haç tipi yerleşke sistemlerinde, eğitim birimler ve ortak kullanım birimleri birbirinden ayrılarak bağımsız iki şerit halinde kurgulanır. Haç tipi yerleşke şeması Şekil 3-17’de gösterilmiştir [82]. Birbirlerine dik şekilde konumlandırılan bu şeritler yerleşke merkezinde kesişmektedirler [65]. Haç tipi sistemde kurgulanan yerleşke ile kent arasındaki bağlantı, yönü uygun olan bağlantılardan biri ile sağlanmaktadır. Yaya kullanımına uygun olan bir sistemdir

[65]. Şekil 3-18’de gösterilen Bochum Üniversitesi yerleşke sistemi Haç tipi yerleşke sistemi ile tasarlanmıştır [88].



Şekil 3-17: Haç tipi yerleşke şeması



Şekil 3-18: Bochum Üniversitesi Üniversitesi planı

3.6. YERLEŞKE ULAŞIM AĞININ TASARLANMASI

Yerleşke içerisinde bulunan mekanlar arasında ve yerleşke ile bağlı bulunduğu kente ulaşım yaya, bisiklet veya motorlu taşıtlar aracılığıyla sağlanabilir. Genellikle yerleşke içerisinde ulaşım yaya olarak sağlanması hedeflenir. Fakat yerleşkenin büyüklüğü ve bölgenin iklim şartları buna elverişli olmayabilir. Bu durumda diğer alternatif ulaşım sistemlerini kullanarak çözüm üretmek gerekmektedir. Yerleşkede yaya ve taşıt ulaşımı üç farklı şekilde tasarlanmaktadır. Bunlar:

- Araçlar ile yayaları aynı düzlemde hareket ettirmek. Araçlar ile yayalar aynı düzlemi kullandığından kesişim noktalarında çakışır böylece sirkülasyon kesintiye uğrar. Bu durumda araçların yerleşke içerisindeki dolaşımını azaltarak yayalara daha fazla dolaşım serbestliği kazandırılır.
- Araçlar ile yayaları farklı düzlemde hareket ettirmek. Araçlar ile yayalar kesişim noktalarında alt ve üst yollar kullandığı için sirkülasyon kesintiye uğramaz ve kullanıcılar tüm birimlere ulaşabilir. Bu tür ulaşım sistemleri maliyet açısından önceki sisteme göre daha az tercih edilir.
- Araçlar ile yayaların aynı ve farklı düzlemde birlikte kullanıldığı karma sistemler. Yerleşke ulaşım ağı planlaması yapılırken yerleşke girişi, yaya yolları, motorlu araç yolları, bisiklet yolları, bisiklet ve araç otoparkları, yönlendirme ve bilgilendirme levhaları genel olarak değerlendirilmektedir.

3.6.1. Yerleşke Girişi

Yerleşke girişleri genel olarak üniversitelerin kurumsal sembolleri olarak tasarlanmaktadır. Ülkemizde ve dünyada birçok Üniversite yerleşke giriş kapıları ile bilinmektedir. Genellikle sanatsal yapılar olarak tasarlanmakta olan yerleşke girişleri aynı zamanda kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte olmalıdır. Girişler, Üniversitelerin büyüme hızları ön görülerek tasarlanmalıdır. Ayrıca yerleşkeye tali girişlerle ulaşılması ön görülmeyen yoğunluk yaşanması durumunda ulaşım sisteminin aksamadan devam etmesini sağlayacaktır. Yerleşke girişleri, güvenlik taraması ve araç giriş-çıkışlarında yoğunluk yaşanmaması için yaya ve araç olarak farklı mekansal tasarımların yapılması gerekmektedir.

3.6.2. Araç Yolları

Tasarımın iskelet yapısını oluşturan belirleyici ana unsur araç yollarıdır. Araç yolları ve yaya yollarıyla desteklenen ulaşım planlamasında öncelik ulaşımın rahat şekilde ilerlemesini sağlamaktır. Ayrıca ulaşım planlaması yapılırken yapı çevresinde taşıt gürültüsünün önlenmesi öncelikli hedeflerden biri olmalıdır. Bu kriterler göz önüne alınarak yapılan tasarımda, araç yollarının eğitim yapılarının ve ortak kullanım mekanlarının çevresinden uzak planlanarak yaya trafiğinin olumsuz etkilenmemesine dikkat edilmelidir [65]. Araç yolları kurgulanırken aynı zamanda otopark alanları da belirlenerek bir bütünlük sağlanmalıdır. Yerleşke içerisinde toplu

taşıma araçlarının kolaylıkla hareket etmesi için yerleşke gelişim planı dikkate alınarak ring hatları oluşturulmalıdır.

3.6.3. Yaya Yolları

Yerleşkede ulaşım ağının yaya odaklı olarak kurulmasıyla birlikte öğrenciler ve diğer kullanıcılar yerleşke içinde akıcı ve hızlı bir şekilde ulaşım sağlayabilecektir. Yerleşke içerisinde kurgulanan yaya sirkülasyonu ile tüm kullanıcılar mekânlar arasında akıcı ve hızlı bir dolaşım sağlayabilmelidir. Şekil 3-19 ve Şekil 3- 20’de yurt içi ve yurt dışından üniversite yaya dolaşım ağına örnekler verilmiştir [89,90]. Yaya sirkülasyonunu kesintiye uğratmadan kullanıcılara çeşitli aktiviteler sağlayacak mekanlar tasarlanmalıdır [81].



Şekil 3-19: Anadolu Üniversitesi Eskişehir



Şekil 3-20: Brigham Young University

Dober [91], yaya yolu tasarımıda olması gereken konuları şu şekilde ele alır:

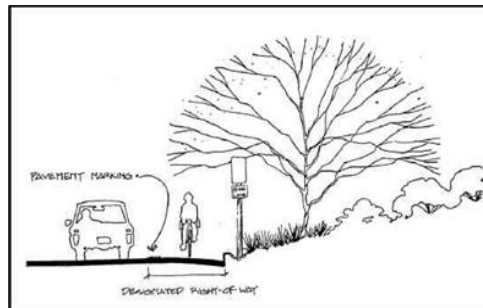
Yayaların sirkülasyonu ve araç sirkülasyonu ayrı olarak planlanmalıdır. Yerleşkede yaya yolları kesintisiz ve ulaşım hatlarında engel oluşturmıyacak şekilde kullanıcı yoğunluğu göz önünde tutularak planlanmalıdır. Yaya ve araç yollarının aydınlatılmasının yeterli seviyede olması sağlanmalı ve gece kullanımına uygun aydınlatma sistemleri seçilmelidir. Yaya ve araç yollarının yanı sıra bağlantı yolları da çevresinin fiziki yapısına uygun olacak biçimde planlanmalıdır. Yaya yolları tasarlanırken kullanıcıların daha etkin bir şekilde ulaşım sağlayabilmesi için arazinin topografyasına uygun tasarım kararları alınmalıdır.

Yerleşke içerisinde tasarlanan yaya yolları iki ana gruba ayrılır. Birincil yaya yolları yerleşke içerisindeki bütün alanların dolaşımı sağlarken, ikincil yaya yolları bağlantıyı sağlayan ara yollardır [65]. Yaya yolları tasarımıda fiziksel engelli bireyler de dikkate alınmalı ve tüm kullanıcılara uygun, kesintisiz tasarım sağlanmalı ayrıca engelli bireylerin yerleşke içerisindeki dolaşımında hareket kısıtlılığı olmamalıdır. Eğim, rampa ve park alanları yönetmelikte belirtilen standartlara uyularak planlanmalıdır.

3.6.4. Bisiklet Yolları

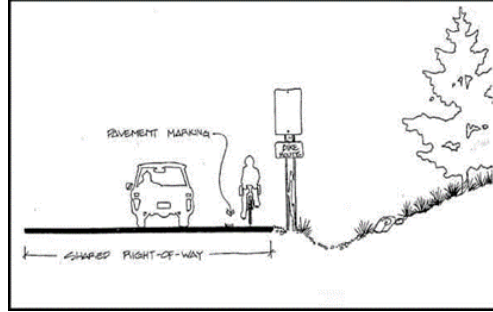
Yerleşke tasarımıda ulaşım aracı olarak bisiklet kullanımı, fiziksel aktivite olarak değerlendirilebilir. Ulaşımında bisiklet kullanımı, araç trafiğini azaltacağından, hava kirliliği ve araçlar için tasarlanan geniş otopark alanlarını minimize edecektir. Minnesota Üniversitesi, Illinois Üniversitesi ve California Üniversitesi dünyada bisiklet kullanımını kültür haline getirmiş üniversitelerdendir [91].

Yerleşke tasarımıda planlanan yollar birbirleriyle uyum içerisinde olmalıdır. Bisiklet yollarının, araç yolları ve yaya yolları ile birlikte kurgulandığı üç model vardır. Birinci modelde bisiklet yolları ve araç yolları aynı düzlemde ve bisiklet yolu yolun sağ tarafında konumlanır. Şekil 3-21’de birinci model bisiklet yolu gösterilmektedir [92].



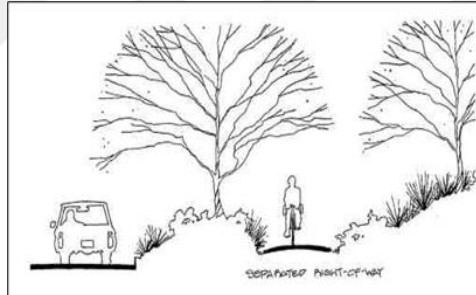
Şekil 3-21: Birinci Bisiklet Yolu Modeli

Şekil 3-22’de gösterilen ikinci modelde ise araç yolu ve bisiklet yolu aynı hatta konumlanırken birbirlerinden farklı zemin malzemesi kullanılarak ayrılır [92] .



Şekil 3-22: İkinci Bisiklet Yolu Modeli

Üçüncü ve son modelde araç yolları ve bisiklet yolları ayrı hat üzerinde tasarlanmaktadır. Şekil 3-23’te bisiklet ve araç yolunun ayrı tasarlandığı üçüncü model gösterilmektedir [92].



Şekil 3-23: Üçüncü Bisiklet Yolu Modeli

3.6.5. Otopark Alanları

Otoparklar fiziksel mekanları ve araç yollarını uygun tasarım stratejilerine göre birleştiren, yaya yollarının sınırında geniş alanlara sahip olacak şekilde tasarlanan alanlardır [65]. Yerleşke içerisinde otopark alanları minimum düzeyde tutularak maksimum yeşil alan kullanımı sağlanabilir. Şekil 3-24 ve Şekil 3-25’te sert yüzeyin çok kullanıldığı ve yeşil alan öncelikli iki farklı tasarım örneği verilmiştir [93,94].



Şekil 3-24: Capital-One-Campus-Aerial



Şekil 3-25: Claverton Down kampüsü ziyaretçi otoparkı

3.6.6. Yerleşke İçi Yönlendirme ve Bilgi Tabelaları

Yerleşkede koordinatlı işaret sisteminin tercih edilmesi, yaya ve araç sirkülasyonunun sorunsuz şekilde sağlanmasının yanında ziyaretçilerin ve diğer kullanıcıların mekanlara kolaylıkla ulaşmasında büyük rol oynamaktadır [91]. Bu sebeple, yerleşkede konumlandırılan bilgi ve yönlendirme tabelalarının uygun boyutta ve renk kombinasyonlarında, kolayca okunabilir olması gereklidir. Farklı açılardan gelen yaya ya da taşıt kullanıcılarının rahatlıkla görebilecekleri özelliklere sahip olmalıdır [91]. Genellikle, bilgi ve yönlendirme tabelaları kesişim noktalarına yerleştirilir. Yönlendirme tabelası Şekil 3-26’da gösterilmiştir.



Şekil 3-26: Yönlendirme tabelaları

Yerleşke alanlarının girişlerinde konumlandırılan ve içinde tüm yerleşke planının bulunduğu bilgilendirme panoları, tüm kullanıcıların yerleşke hakkında bilgi sahibi olmalarına ve yerleşke alanını algılamalarına yardımcı olur. Bilgi tabelası örneği Şekil 3-27’de gösterilmiştir.



Şekil 3-27: Bilgi tabelaları

3.7. YERLEŞKE ULAŞIM AĞI TASARIMINDA AUS TEKNOLOJİLERİNİN KULLANILMASI

Akıllı ulaşım sistemleri; mevcut yol kapasitelerini optimum kullanarak seyahat sürelerini azaltmak, trafik güvenliğini artırmak, mobilitayı artırmak, enerji verimliliği sağlamak ve çevre kirliliğini önlemek amacıyla tasarlanan, kullanıcı ile araç, araç ile altyapı, altyapı ile merkez arasında karşılıklı veri aktarımı yaparak, anlık durumu izleme, ölçme, analiz etme ve kontrol sağlama sistemleridir. Ayrıca akıllı ulaşım sistemleri, ulaşım da gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak hareketliliği ve güvenliği artırmayı destekleyen uygulamalar olarak da tanımlanabilir. Akıllı ulaşım sistemleri ile çok modlu ulaşım sistemleri geliştirmek amaçlanmaktadır. Bu bağlamda her türlü taşıtın birbirleriyle altyapı ve cihazlarla bağlanması, ulaşım sistemleri kurulurken trafik güvenliğinin ve akıcılığının maksimum düzeyde olması hedeflenmektedir. Yollardaki sensörler ve cihazlar kullanılarak araçların hareket hızları ve trafiğin akış durumu sistem merkezi tarafından anlık takip edilir.

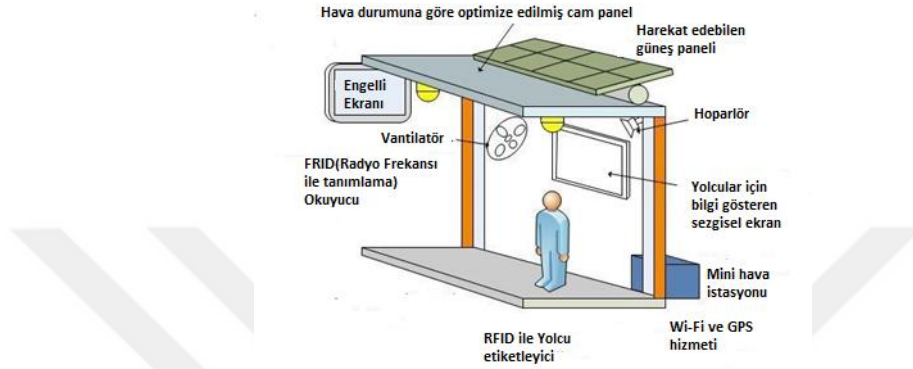
3.7.1. Yerleşke Mobil Uygulamaları

Yerleşke kullanıcılarının kullanımına sunulan mobil uygulama sayesinde yerleşke içerisinde genel aktiviteler ve kent içi toplu taşıma sistemi takip edilir. Uygulamayı kullanan yolcular duraklara gelmeden binecekleri otobüsün nerede olduğunu takip ederek olumsuz hava şartlarında duraklarda beklemek zorunda kalmayacak ve zamanı etkin kullanabilecektir. Ayrıca kullanıcılar toplu ulaşım aracının güzergah kontrolünü şehir ya da yerleşke haritası üzerinden görebilecektir. Mobil uygulamaların 3.7.2.'de açıklanan akıllı duraklardan aldığı anlık yolcu birikme durumlarını göstermesi ile toplu ulaşım araçlarındaki yoğun kullanım da azaltılmış olur.

3.7.2. Yerleşke İçi Akıllı Duraklar

Olumsuz hava koşullarında toplu taşıma kullanıcılarının en çok sıkıntı çektiği durum duraklarda geçirdiği sürelerdir. Akıllı duraklar ile otobüs bekleyen yolcuların güvenlik amaçlı takibi 7/24 kameralar ile sağlanmaktadır. Toplu taşıma araçlarının güzergâh üzerindeki anlık konumu akıllı duraklarda bulunan bilgilendirme ekranlarından takip edilir. Trafik kazası gibi ön görülemeyen bir durum yaşandığında yolcular bilgilendirildiği için zaman kaybına uğramadan farklı ulaşım yöntemini tercih edebilirler. Ayrıca akıllı duraklarda bulunan medya

takip ekranları ile yolcular durakta geçirdikleri süre içerisinde kamu spotu bilgilendirme bültenleri, güncel haber ve duyurular gibi sunulan medya içerikleri ile faydalı vakit geçirebilirler. Akıllı duraklar kendi enerjilerini durakların üzerine konumlandırılan güneş enerjisi panelleri ile karşılayabilirler. Bu sayede depolanan enerji ile gece aydınlatması da karşılanmış olur. Böylece yenilenebilir enerji sayesinde çevreci bir sistem kullanılmış olur. Akıllı durak şematik olarak Şekil 3-28’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3-28: Akıllı duraklar

3.7.3. Yerleşke İçi Akıllı Kavşaklar

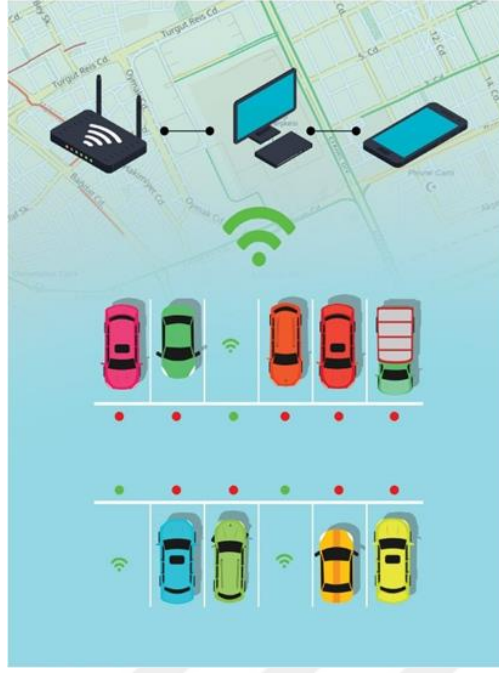
Trafik yönetim metotlarından biri olan kavşak sinyalizasyonu yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Sinyalizasyon sistemi taşıtların birbiriyle ve yolcuların taşıtlar ile çakıştığı kavşaklarda karmaşayı önlemek için kullanılmaktadır. Trafik ışıkları ile kavşakta meydana gelen kesişimler sıra ile belirli süreler verilerek çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak bazı durumlarda hesaplanan yoğunluğa göre belirlenen süreler yetersiz kalmaktadır. Bu durum kavşaklarda karmaşaya yol açmaktadır. Akıllı teknolojiler ve sensörler kullanılarak kavşaklarda meydana gelebilecek yoğunluklar kurulacak sistem ile mevcut durum değerlendirmesi yapıp yeniden hesaplanır ve trafik ışıkları süreleri güncellenir. Böylece karmaşanın önüne geçilmiş olur. Akıllı kavşak şematik olarak Şekil 3-29’da gösterilmiştir.



Şekil 3-29: Akıllı kavşaklar

3.7.4. Yerleşke İçi Akıllı Otoparklar

Yerleşke içerisinde otoparkların konumu ulaşım ağının temel bileşenlerindendir. İnsanlar genellikle otoparkları kullanırken yapılara yakın bölgelerde park etmek istemektedir. Bu yüzden otoparklar tasarlanırken araçlarından inen yolcuların tümü en kısa sürede ulaşmak istediği merkeze varabilmelidir. Böylece park alanı homojen olarak kullanılabilir. Akıllı teknoloji sistemlerinin parçası olan sensörler ile boş olan park alanları belirlenerek otopark girişlerinde konumlandırılan panolar ile sürücüler bilgilendirilebilir. Ayrıca akıllı telefon uygulamaları ile otopark sisteminin entegre edilmesi sayesinde kullanıcılar yerleşkeye ulaşmadan park alanlarının durumunu görebilirler. Akıllı otopark şematik olarak Şekil 3-30’da gösterilmiştir.



Şekil 3-30: Akıllı otopark

3.7.5. Yerleşke İçi Araç Şarj İstasyonları

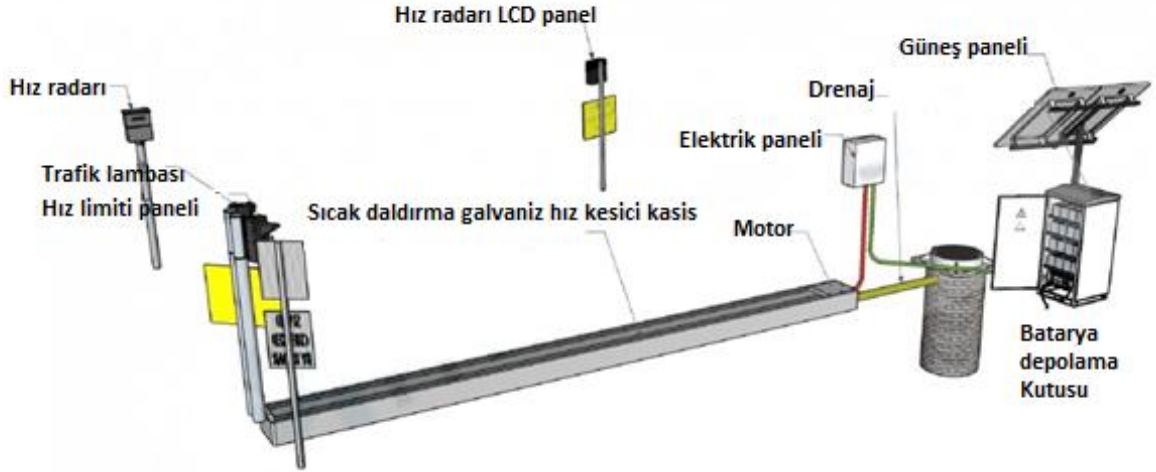
Günümüzde fosil yakıtlı araçların hayatımızdaki yeri giderek azalmaktadır. Fosil yakıtlarının rezervlerinin azalması ve ayrıca bu tür yakıtların çevreye verdiği zararı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Ulaşım amaçlı kullanılan araçlarda depolanabilir olması avantajı ile elektriği kullanmak günümüzde avantajlı hale gelmektedir. Ayrıca kişisel kullanıma hitap eden e-scooter ve e-bike gibi mobil elektrikli araçların kullanımı yaygınlaşmıştır. Elektrikli araçlarda kullanılan enerji bataryalardan sağlanmaktadır. Bataryalar günümüz teknolojisi ile ancak sınırlı miktarlarda depolanabilmektedir. Sınırlı olan bu enerji ile kısa mesafe yolculuk yapılabilir. Bu yüzden bataryaların sıklıkla şarj edilmesi gerekmektedir. Bataryaların şarj edilmesi kullanıcıların kolaylıkla erişebileceği noktalarda şarj istasyonlarında yapılması ile sağlanır. Şekil 3-31’de görüldüğü gibi hem gölgelikli otopark hem de şarj istasyonu olarak kullanılabilen istasyonlara rastlanmaktadır.



Şekil 3-31: Hızlı şarj istasyonu

3.7.6. Yerleşke İçi Hız Kesici Akıllı Kasisler

Yerleşke içerisinde tasarlanan trafik yoğunluğunu kontrol altında tutabilmek için dolaşım ağındaki araçların hız limitlerine uymaları gerekmektedir. Maalesef insan faktörünün olduğu ulaşım sisteminde bazı sürücüler bu limitleri aşarak diğer araçlar ve yayalar için tehlike oluşturmaktadır. Yol boyunca belli mesafelerde yapılan geleneksel hız kontrol kasisleri araçlar için düşük hızlarda bile araç tabanının kasise sürtmesi olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Hız kesici kasisler fark edilemediği zaman araçlar için mekanik zararlar oluşturabilir. Acil durum araçlarının zaman kaybına uğramasına neden olmaktadır. Ayrıca, trafik akışının yoğun olduğu günlerde daha fazla yoğunluğa sebep olmaktadır. Akıllı hız kesiciler, araçların hız durumuna göre hareket ederek ve ışıklı uyarı yardımıyla hız limitine uyan sürücülerin daha sistematik seyrini sağlarlar. Akıllı kasis sistemi acil durum araçlarını tanıyarak zaman konusunda bu araçlara öncelik sağlayabilir. Akıllı hız kesici kasisler şematik olarak Şekil 3-32’de gösterilmiştir [95].



Şekil 3-32: Akıllı hız kesici kasis

3.7.7. Yerleşke İçi Ulaşımında Otonom Araçların Kullanılması

Yerleşke içi ulaşım planlamasında tasarlanan ring sisteminde ulaşımın aksamadan devamlığını sağlamak temel faktördür. Gün içerisindeki kullanıcı yoğunluğu değişmektedir. Bu bağlamda yapılacak çözüm insan faktörünü kullanmadan yapılacak otonom araçlar ile ihtiyaca göre sefer ve araç sayısını belirleyerek yerleşke ulaşımında çözüm üretmek olacaktır. Karsan firması tarafından üretilen otonom otobüs Şekil 3-33’te gösterilmiştir [96].



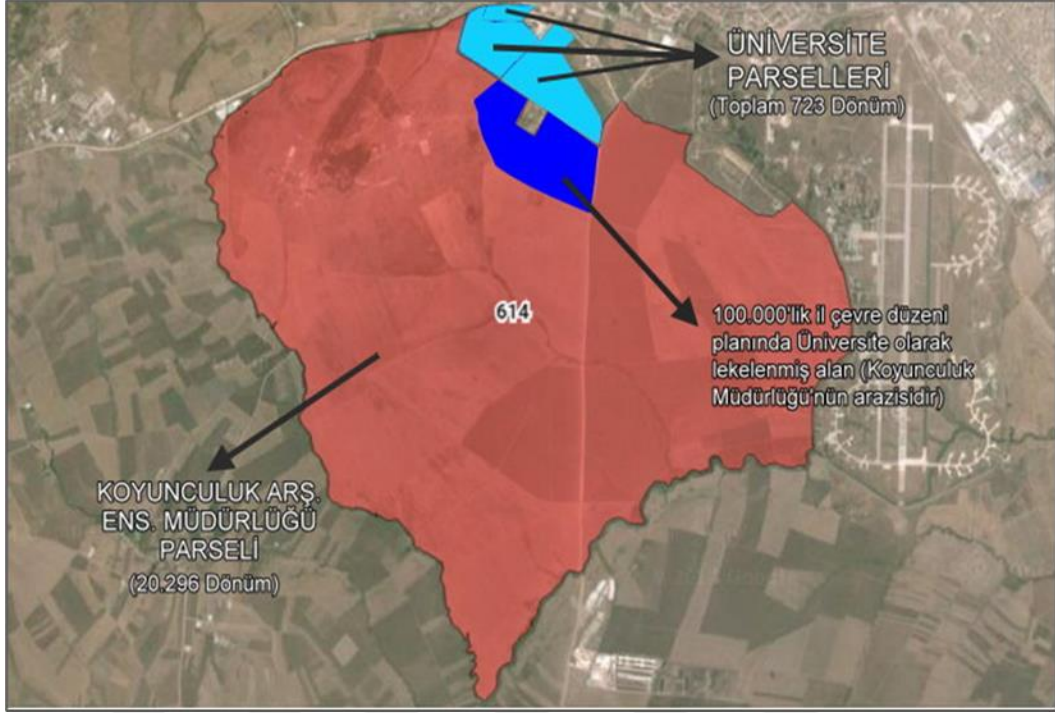
Şekil 3-33: Otonom araçlar

3.8. BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ'NE GENEL BAKIŞ

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi 23 Nisan 2015 tarih ve 29335 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 6640 sayılı “Yükseköğretim Kurumları Teşkilatı Kanunu ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile kurulmuştur. Üniversite, toplamda 8 yerleşkede 4 enstitü, 9 fakülte, 1 yüksekokul ve 9 meslek yüksekokulu ile eğitim-öğretim ve araştırma faaliyetlerini sürdürmektedir. Üniversitede hâlihazırda yaklaşık olarak 450 idari ve akademik personel, ön lisans, lisans, yüksek lisans ve doktora düzeyinde olmak üzere 13.200 öğrencisi ile büyük bölümü merkezi yerleşkede olmak üzere ve tek binada eğitim öğretim faaliyetlerini sürdürmekte olup, 2023 yılına kadar 400 idari, 1000 akademik personel sayısı ile 25.000 öğrenci sayısına ulaşılması planlanmaktadır.



Şekil 3-34: Çalışma alanı parselleri



Şekil 3-35: Çalışma alanı çevresi

3.8.1. Alana Ait Veriler

Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi yerleşke alanına ait doğal, konum, master plan, çevre yolu bağlantısı, Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi yolu ile bağlantısı, mevcut yerleşke girişi gibi genel konularla ilgili veriler alt başlıklarda bu bölümde verilmiştir.

3.8.1.1. Yerleşke Alanının Doğal Verileri

Balıkesir ilinin Bandırma ilçesi, Karadeniz ve Akdeniz iklimleri etkisi altındadır. Balkanlar üzerinden gelen karasal iklimin geçiş bölgesi üzerinde olan Bandırma ilçesinde farklı iklim özellikleri gözlenmektedir. Son 50 yıllık verilere göre Bandırma'da; yıllık ortalama sıcaklık değeri 14 °C civarındır. Rüzgar yoğunluğu fazla olan ilçenin hâkim rüzgâr yönü ise Kuzey-Kuzeydoğu' dur. İlçede yıllık yağış ortalaması 703.3 kg/m² dir [78]. Yıllık ortalama sıcaklık ve rüzgâr hâkimiyeti göz önünde bulundurulduğunda tasarlanacak ulaşım ağı planlamasında iklim şartlarına uyumluluk ve sürdürülebilirliği sağlamak için doğal parametreler odak noktada tutularak planlama yapılması gerekmektedir. Şekil 3-36'da bandırma ilçesinin doğal konumu ve karasal yapısı verilmektedir [78].



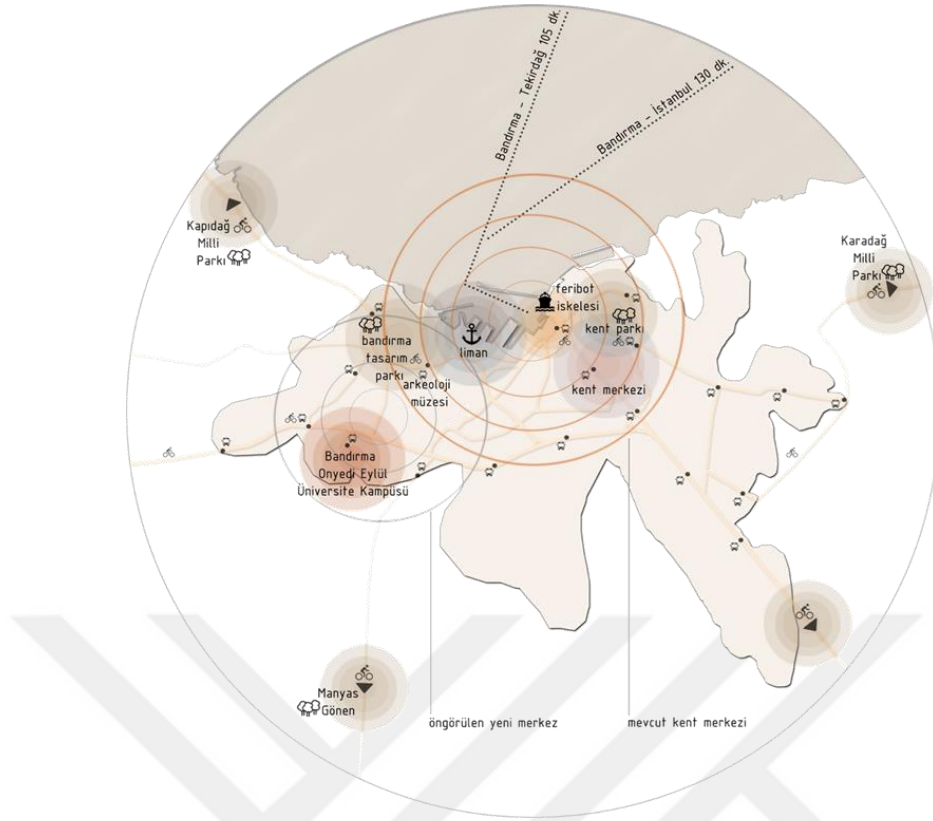
Şekil 3-36: Çalışma alanı doğal veri

3.8.1.2. BANÜ Yerleşkesinin Kent İçindeki Konumu

Bandırma konumu, sanayileşme ve üretim altyapısı olarak Güney Marmara bölgesinde önemli bir yere sahiptir. Bu yüzden İlçe insanlar tarafından yerleşim olarak tercih edilen merkez haline gelmiştir. İlçe nüfusu ülkemizdeki birçok ilden daha fazladır. Bölgede var olan ve yeni kurulması planlanan organize sanayii alanlarıyla bölgeye nüfus göçü kaçınılmaz olacaktır.

Gelişen teknoloji ve sanayi altyapısı için eğitimli insan ihtiyacı da kaçınılmazdır. Üniversiteler kuruldukları bölgelerin eğitimli insan gücü ve teknolojik altyapı ihtiyaçlarını karşılaması amaçlanarak kurulmalıdır.

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma ve çevresinde ekonomik ve kültürel alanda gelişmeye destek olması için kurulmuş bir üniversitedir. Bandırma, Güney Marmara bölgesinin ulaşım ağında kesişim noktası konumundadır. Liman şehri olması ve demir yolu ağına sahip olması ile birçok şehirden daha cazip yatırım alanı olarak tercih edilmektedir. Üniversite yerleşke alanı belirlenirken talep doğrultusunda büyüebilmesi için gelişime açık bir bölgede kurulması tercih edilmiştir. Şekil 3- 37’de Üniversitenin kent içindeki konumu şematik olarak gösterilmiştir [78].



Şekil 3-37: Çalışma alanının kent içindeki konumu

3.8.1.3. BANÜ Yerleşkesi İçin Tasarlanan Master Planı

Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi için yapılan “Merkez Yerleşke Kentsel Tasarım Yarışması” 6 Mayıs 2017 tarihinde sonuçlanmıştır. Türkiye’de bir üniversite yerleşkesinin bütünsel yaklaşımla tasarımı için açılan “ilk” ulusal yarışma olan “Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Merkez Yerleşke Kentsel Tasarım Yarışması” uygulanmaya 2018 yılının başında yapımına başlanan Merkezi Derslik ve Öğrenci Yaşam Merkezi projeleriyle hayata geçmiştir. Projelerin uygulanması ve yapıların inşası ile kentsel tasarımın eksiklikleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Kentsel tasarımda yerleşke içerisinde ulaşımın yaya ağırlıklı sağlanması planlanmış olup araç ulaşımı üniversite parselinin dış hattında planlanmıştır. Bu durumda binalara gerek yapımı gerekse kullanım sırasında taşınır ve diğer hizmetlerin ulaşması mümkün gözükmemektedir. Acil durumlarda (ambulans, itfaiye vs.) yapılara ulaşılmaktadır.

Ayrıca Bandırma iklim koşulları nedeniyle yılın büyük kısmında bol yağış alan ve rüzgârlı bir bölgedir. Hava koşulları yaya ulaşımını bazı günler imkânsız kılmaktadır. Bu durumda uç bölgeler arasındaki yapılar arası ulaşımın devamlılığının sağlanması için araç ile

ulaşım yollarının olması gerekmektedir. şekil 3-38 ve şekil 3-39’da Üniversitenin için tasarlanan master planı gösterilmiştir.

BANÜ Yerleşkesi İçin Tasarlanan Master Planı



şekil 3-38: Çalışma alanı Master Planı



şekil 3-39: Çalışma alanı Master Planı

3.8.1.4. BANÜ Yerleşkesinin evre Yolu ile Bağlantısı

Yerleşke Bursa-Çanakkale yolu üzerinde bulunmaktadır. Fakat yerleşkenin anayol ile doğrudan bağlantısı bulunmamaktadır. şehir merkezi ile yerleşke bağlantısı Erdek yolu kavşağı ile trafik yönünün tersi doğrultusunda oluşturulan yeni yol kullanılarak yapılmaktadır.

Kavşaktaki düzensizlik trafik karmaşasına yol açmaktadır. Ayrıca bölgede bulunan Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve ortaöğretim kurumlarının da aynı yolu kullanması dönemsel olarak trafik sıkışıklığına yol açmakla kalmayıp trafiği durma noktasına getirmektedir. Şekil 3-40'ta yerleşke ile ana yol bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 3-40: Yerleşkeye mevcut ulaşım yolu

3.8.1.5. BANÜ Yerleşkesinin Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yolu ile Bağlantısı

Yerleşkenin halihazırda kullanılan yaya ve araç giriş-çıkış aksı ile Bandırma Devlet Hastanesi giriş-çıkış aksı aynı noktada bulunmaktadır. Şekil 3-41'de Üniversite ile hastanenin aynı bölgede bulunan giriş aksları gösterilmiştir. Ayrıca toplu ulaşım durakları ve Hastane taksi durağı da bu bölgededir. Hastane yolcusu ve öğrenciler aynı hatta bulunan otobüsleri kullanmaktadır. Sabah saatleri ve akşam ders çıkışı hem hastane hem de üniversite öğrencilerinin aynı bölgeyi kullanmaları aşırı yoğunluk oluşturmaktadır. Sefer sırasını bekleyen park halindeki otobüslerin oluşturduğu problem yerleşke kapısı giriş çıkışlarında araçların kullanımını engellemektedir.



Şekil 3-41: Bandırma Devlet Hastanesi e Yerleşke Girişi

3.8.1.6. BANÜ Yerleşkesi Mevcut Giriş Kapısı

Merkez yerleşke giriş kapısı, yaya ve araçların ortak kullanımı için tasarlanmıştır. Yerleşkeye yolların giriş güzergâhında araçlar ile çakışmalar meydana gelmektedir. Yerleşke girişinde araçların ve yolcuların sağlık ve güvenlik taramaları bu noktada yapılmaktadır. Giriş kapısının sağında konumlandırılan güvenlik kulübesi sürücülerle aynı yönde olmadığından yabancı araç için yapılan güvenlik sorgulaması ve kayıt işlemi yapıldığından personel ve öğrenci araçlarının bekletilmesi gerekmektedir. Bu durum uzun araç kuyrukları oluşturmaktadır. Ayrıca yerleşkeye girmemesi gereken araçların gelmesi durumunda araçların çıkışı için mecburen önce yerleşkeye giriş yapmasına izin verilmesi durumu söz konusudur. Şekil 3-42’de yerleşke mevcut giriş kapısı gösterilmektedir.



Şekil 3-42: Merkez Yerleşke giriş kapısı

3.8.1.7. BANÜ Yerleşkesi Güvenlik Tarama Noktası

Yerleşke girişinde araç ve yayaaların kontrolü üniversite güvenlik personeli tarafından güvenlik noktasında yapılmaktadır. Güvenlik noktasından misafir araçları, personel ve öğrenci araçları aynı noktadan geçmektedir. Bu nedenle bu noktada araç trafiği yoğunluğu yaşanmaktadır. Pandemi dolayısıyla yapılan HES kodu taraması ve kişilerin vücut sıcaklığının ölçülmesi bu noktada sosyal mesafe sınırlarını zorlamaktadır. Normal şartlarda yaya girişi için tasarlanan tünel, pandemi döneminde yeterli havalandırma koşullarını sağlamadığından dolayı kullanılamamaktadır. Yayaalar ile araç sürücüsü ve yolcuların kontrolleri aynı noktada yapılmaktadır. Güvenlik personeli ve yerleşkeye girmek isteyen kullanıcılar risk altında kalmaktadır.

3.8.2. BANÜ Ulaşım Ağı Tasarım Önerisi

Yerleşke ulaşım ağı planlamasında bütüncül yaklaşım çok önemlidir. Genellikle gelişim planlaması yapılırken binaların tasarımına daha fazla önem verilmektedir. Fakat binaların diğer yapılarla olan bağlantısı ve ulaşılabilirliği asıl öncelik olmalıdır. Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi kurulduğunda merkez yerleşkesinde tek sahip olduğu yapı Balıkesir Üniversitesi döneminde yapılan İİBF binasıdır. Yarışma sonucunda yapılan master planı çalışması incelendiğinde yerleşke kullanıcılarının ihtiyaçları tüm yapılar yapıldıktan sonra tam olarak karşılayabilmektedir. Tasarımda yerleşke içerisinde araç yolları sadece yerleşke dışı aksında tasarlanmıştır. Tüm yapılar birbirleriyle sadece yaya yolları ile farklı kotlarda sağlanmaktadır. Yerleşkede ulaşım için tüm yapıların aynı anda bitirilmesi gerekmektedir. Bu durum güncel ulusal ekonomik şartlarda aktarılan bütçeler göz önünde bulundurulduğunda mümkün görünmemektedir. Master planına göre yapıların aşamalı olarak inşa edilmesi durumunda lojistik olarak ulaşmak problem teşkil etmektedir. Bu yüzden hazırlanan Master Planının BANÜ yerleşkesinde uygulanması mümkün görünmemektedir. BANÜ yerleşkesi için gerekli olan tasarım aşamalı gelişim planlaması ile yapılacak tasarımıdır. Üniversitenin ihtiyacı olan birim ve yapıların öncelik yapım sırasına göre yerleşke içerisinde konumlanması

gerekmektedir. Halihazırda devam eden inşaatlar ve tamamlanmış yapılar arasındaki bağlantı yolları aşamalı olarak yapılmaya devam etmektedir. Yerleşkeye ait harita verileri ve yerleşkede bulunan kullanılan veya inşaatı devam eden yapılar dikkate alınarak hazırlanan yerleşim planı tasarım önerisi Şekil 3-43'te verilmiştir.

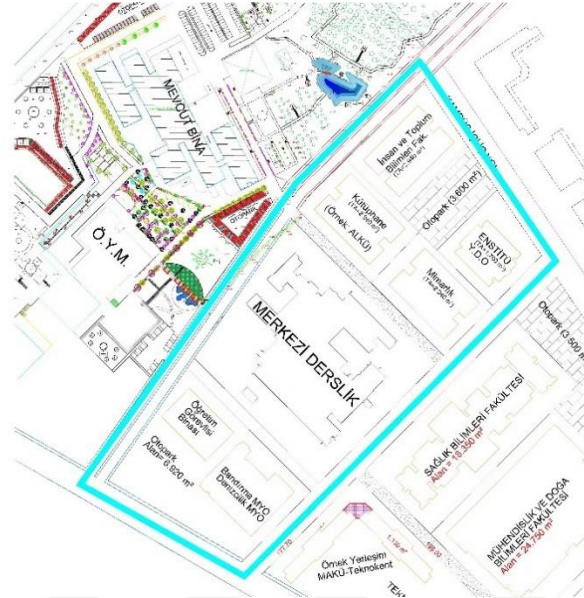


Şekil 3-43: Yerleşim planı tasarımı önerisi

3.8.2.1. Yerleşke Ulaşım Senaryosu

BANÜ Yerleşkesi ulaşım planlamasında iklim koşulları dikkate alınarak yerleşke içi ulaşım ağı planlaması yapılmalıdır. Genellikle yerleşke planlaması yapılırken yaya odaklı ulaşım ağı oluşturmak hedeflenmektedir. Bandırma bulunduğu coğrafi konum dolayısıyla rüzgârı çok alan bir bölgede bulunmaktadır. Yerleşke içerisinde yıl boyunca çok fazla süre rüzgâr etkisi görülmektedir. Bu yüzden yerleşke içerisinde toplu ulaşım araçları ve özel araçların tüm yapılara kolaylıkla ulaşması sağlanmalıdır. Yaya ulaşımı merkezi yapılar ve yakın çevresinde bulunan birimler arasında tasarlanmalıdır.

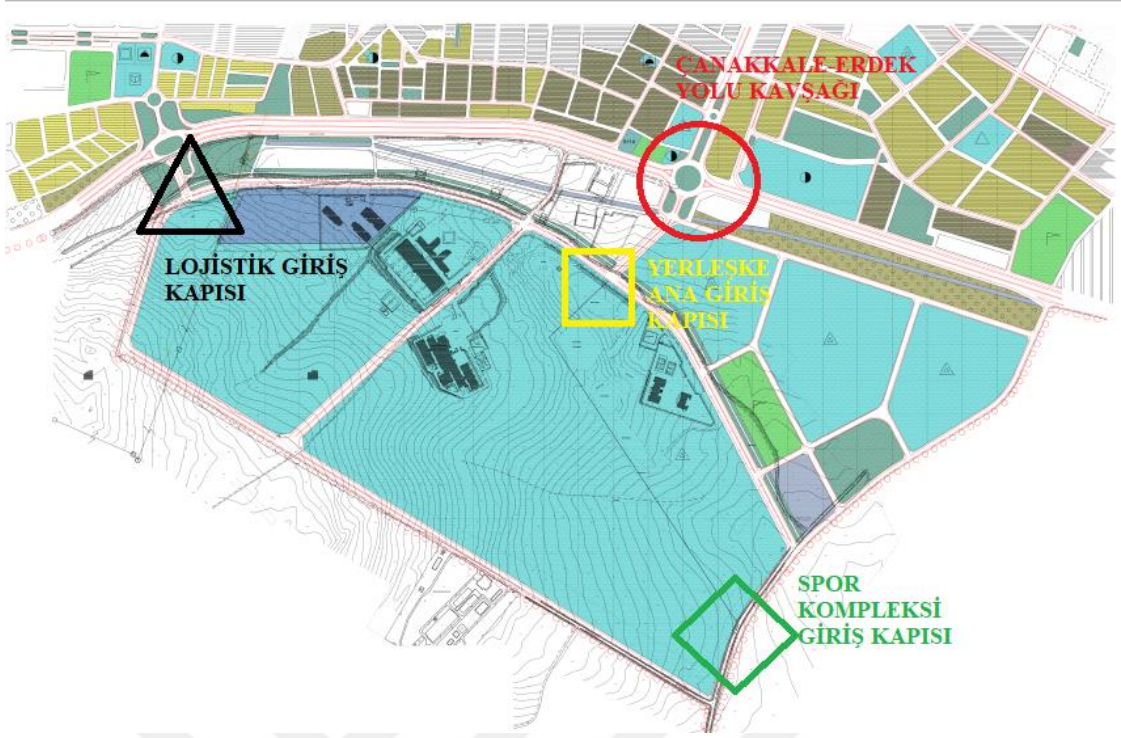
Yerleşim planı önerisi tasarımı üniversite gelişimi etaplarına ayrılmıştır. Bu etaplar ring hatlarıyla ulaşım bütünlüğü ve erişilebilirliği kolaylaştırmıştır. Şekil 3-44'te 1. ring hattı, Şekil 3-45'te 2. ring hattı, Şekil 3-46'da 3. ring hattı gösterilmiştir.



Şekil 3-44: 1. Ring hattı



Şekil 3-45: 2. Ring hattı



Şekil 3-47: 1/5000 Bandırma nazım imar planı

3.9. BANÜ YERLEŞKE TASARIMINDA AUS KULLANIMI

Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi YÖK tarafından Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri alanında ihtisas üniversitesi olarak gelişmek üzere görevlendirilmiştir. Bu görev bağlamında yerleşke tasarımı yapılırken AUS'un kullanılması Üniversite tarafından kaçınılmazdır. Araç ve yaya yolları, kavşaklar, otoparklar, toplu taşıma sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak doğaya zararı minimize edecek akılcı çözümler üretilmelidir.

3.9.1. Yerleşke – Şehir Bağlantısı: Modlar Arası Ulaşım Önerileri

Bandırma'ya ulaşım, karayolu, deniz yolu ve demir yolu gibi farklı ulaşım modları ile sağlanmaktadır. Ayrıca yapım aşamasında olan Bursa-Bandırma Hızlı Tren hattı ile bu ulaşım modlarına katkı sağlanacaktır. Marmara Yüksek Teknoloji ve Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi'nin kurulması ve yeni sanayi yatırımlarının bölgeye yönelmesi ile Bandırma hızlı bir şekilde gelişmektedir. Bu gelişme hem nüfusun artışına hem de şehrin günlük giriş-çıkış oranlarının artışına neden olacaktır. BANÜ Yerleşkesi'nin şehir merkezinde olmaması yerleşke katılımcıları için önemli bir ulaşım problemidir. Bu problemin çözümü için modlar arası ulaşım

ağının doğru planlanması gerekmektedir. Çalışmada önerilen ilgili modlar arası ulaşım yöntemleri aşağıda sıralanmıştır.

- Tren / Hızlı Tren – Otobüs, mobil elektrikli araçlar
- Feribot – Otobüs, mobil elektrikli araçlar
- Otogar – Otobüs, mobil elektrikli araçlar

İzmir-Bandırma tren garı, liman bölgesinde şehir merkezi olarak nitelendirilebilecek bir konumdadır. Bunun yanında Bursa-Bandırma hızlı tren garı projesinin Bandırma Şehir Stadyumu civarında yapılması planlanmaktadır. Tren garı ve hızlı tren garı BANÜ yerleşkesine 5 km ila 6 km mesafededir. Feribot iskelesinin konumu da liman bölgesi ile yakın lokasyondadır. Bandırma Şehirlerarası Otobüs Terminali ise Bursa çevreyoluna yakın ve yapılacak olan yeni hızlı tren garı hattındadır. Bu ulaşım ağlarından katılım sağlayanların yerleşkeye ulaşımı farklı modlar arasında sağlanabilir. Bunlar toplu ulaşım araçları olan klasik halk otobüsleri şeklinde olabileceği gibi yeni nesil teknolojiler olan ve pandemi şartları nedeniyle tercih sebebi olan, bireysel olarak kullanılabilen halka açık paylaşımlı hareketlilik unsuru olan e-bike, e-scooter gibi elektrikli bireysel ulaşım araçları da olabilir. Tüm katılımlara ilgili mobil elektrikli araç modlarını entegre edebilmek için katılım lokasyonlarının yakınında mobil elektrikli araç istasyonlarının kurulması gerekmektedir. Aynı şekilde otobüs hatlarının da yeni yapılacak katılım lokasyonlarına entegre edilmesi gerekir. Gar ve iskele alanlarının çatı kısımları güneş enerjili paneller ile donatılarak elektrikli mobil araçların şarjı için enerji kaynağı sağlanabilir. Şehirlerarası terminal ve yeni hızlı tren garı ile yerleşke arasında katılımcıların elektrikli mobil araçlarla güvenli bir şekilde ulaşım sağlayabilmeleri için mevcut çevreyolu yerine bir yan yol ya da bisiklet yolu şeklinde bir ulaşım hattının kurulması gerekir.

Modlar arası ulaşım yöntemlerinin uygulanabilmesi için yerleşkeye ulaşımında mevcut durumda önemli bir problem teşkil eden çevre yolu ile bağlantı noktasının da çözülmesi gerekir. Bu noktada Erdek kavşağından ayrılan tek yönlü yolun gidiş-geliş olarak düzenlenmesi veya Erdek kavşağında bir araç alt geçidi oluşturularak çözüm elde edilebilir.

3.9.2. Yerleşke Girişi Önü AUS Uygulama Önerileri

Yerleşke katılımcılarının yerleşke konumuna ulaşımı konusunda yapılan uygulama önerilerine uygun olarak yerleşkeye girmeden önce yerleşke çıkışında oluşacak yığılmalar ulaşımında zaman gecikmesi, iklim şartlarına dayalı sağlık problemleri, çevrimiçi erişim engeli kaynaklı problemler gibi katılımcıları olumsuz anlamda etkileyen muhtemel durumların

engellenmesi için AUS temelli uygulamaların yerleşke girişi öncesinde tasarlanması gerekmektedir. Bu uygulamaların Yerleşke Toplu Ulaşım Merkezi çatısı altında toplamak mümkündür.

Mevcut yerleşke önünde Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi ile ortak kullanılan halk otobüslerine ait yeterli düzene sahip olmayan duraklar bulunmaktadır. Bu duraklarda yaz sıcaklarında ve rüzgarlı kış soğuklarında şehre gidecek yolcular birikmekte ve uzun kuyruklar oluşturmaktadır. Pandemi şartları da düşünülerek yerleşke girişi önündeki Yerleşke Toplu Ulaşım Merkezi bünyesinde ferah bekleme salonlarının yapımı ile bu sorunun çözülmesi öngörülmektedir.

Bekleme salonlarına girişler sıra ile elektronik olarak yapılarak ve her yolcu için bir ID numarası atanarak isteğe bağlı şekilde bu ID numarası, mobil uygulamaya gönderilebilir ya da çıktı olarak basılabilir. Kalkışa hazır olan toplu taşıma araçlarının yolcu kapasitesine göre sırası gelen yolculara mobil bildirim ya da anonslu bildirim yapılarak uygun dolulukta aracın kalkmasının sağlanması önerilmektedir.

Bekleme salonunda mevsim koşullarına uygun olarak iklimlendirme şartları sağlanır. Yolcuların bekleme esnasında ücretsiz Wi-Fi hizmetini kullanması sağlanır. Ayrıca dev ekranlar ile trafik kuralları, toplum sağlığı, dezavantajlı vatandaşlar, çevre bilinci gibi konularda kamu spotu videoları ve şehir tanıtım videoları izletilebilir.

Yeni nesil teknolojiler olan ve pandemi şartları nedeniyle tercih sebebi olan, bireysel olarak kullanılabilen halka açık paylaşımlı e-bike, e-scooter gibi elektrikli bireysel ulaşım araçlarının Yerleşke Toplu Ulaşım Merkezi'nde bekleme sırasında şarj olmaları için çevreci yaklaşımlar kullanılabilir. Bunun için bekleme salonu çatısının güneş panelleri ile donatılması gerekir. Çatı eğiminin güneşe bakacak şekilde tasarlanması ile maksimum enerji edinimi sağlanır.

Sonuç olarak Yerleşke Toplu Ulaşım Merkezi; bekleme salonu, akıllı duraklar, akıllı güneş enerjisi destekli e-scooter ve e-bike şarj istasyonları, toplu ulaşım aracı park ve bekleme alanları bileşenlerinden oluşmaktadır.

3.9.3. Yerleşke Girişinde AUS uygulama Önerileri

Yerleşke katılımcılarının yerleşkeye girişlerinin güvenlik amacıyla kontrol altına yapılması genel bir uygulamadır. Ancak yapılan güvenlik uygulamalarında sıklıkla geleneksek

güvenlik kontrollerinin yapıldığı görülmektedir. Elle arama, gözle kontrol gibi farklı şekillerde olan geleneksel güvenlik kontrolleri hem yığılmalara hem de temaslı olduğundan pandemik çekincelere neden olmaktadır. Çalışmada aşağıdaki uygulamaların hayata geçirilmesi ya da mevcutta kullanılan sistemlerin entegre edilmesi önerilmektedir.

Plaka Tanıma Sistemleri: Özel araçların yerleşke girişinde görüntü işleme temelli Optik Karakter Algılama (OCR) teknolojisi kullanılarak tanınması ve ilgili otopark istikametine yönlendirilmesi önerilmektedir. Yönlendirme gelen özel aracın sahibine göre yapılarak öğrenci, misafir ya da personel otoparklarının etkin kullanımı sağlanacaktır.

Yüz Tanıma Sistemleri: Hem araçlardaki sürücü ve mümkünse yolcuların hem de yaya yerleşke katılımcılarının yerleşke yüz veri tabanında kayıtlarından tanınması ile güvenlik kontrolü sağlanır. Uzaklaştırma, yerleşke erişim yasağı gibi disiplin ve idari cezaların uygulanması yüz tanıma sistemi ile daha efektif olacaktır.

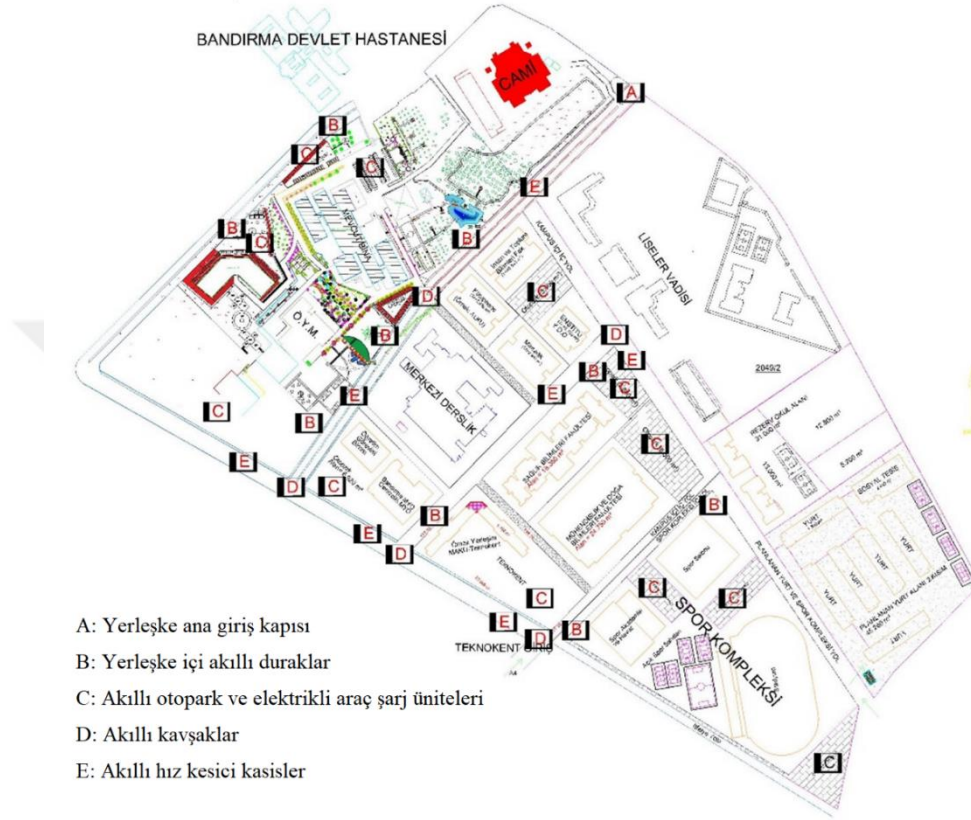
Vücut Sıcaklığı Ölçüm Sistemleri: Pandemi sürecinde toplum sağlığı için önemli olan vücut sıcaklığı kontrolü birçok toplu kullanım alanlarında uygulanmaktadır. Ancak mevcut uygulamalarda daha çok elle yapılan klasik vücut sıcaklığı ölçümlerine rastlanmaktadır. Hava alanları gibi güvenliğin yüksek olduğu toplu kullanım alanlarında uzaktan ölçüm sistemlerine rastlanmaktadır. Çalışmada vücut sıcaklığının uzaktan ölçüm sistemleri ile otonom olarak yapılması önerilmektedir.

X-RAY ve araç tarama güvenlik sistemi: Yaya girişlerinde manyetik dedektör ve X-RAY cihazları kullanılarak suç unsuru teşkil edecek madde ve aletlerin yerleşkeye girişi engellenecektir. Ayrıca elle yapılan araç altı göz taramaları yerine zemin kameraları ile daha hassas ve kayıtlı olarak tarama yapılması önerilmektedir.

Misafir Bekleme ve BANÜ-AUS Sistemi Eğitim Alanı: Yerleşke içinde ulaşım ile ilgili temel kuralların bulunması insan sağlığı ve güvenliği açısından önemlidir. Bu kurallar yerleşke katılımcıları tarafından oryantasyon eğitimlerinde öğrenilse de misafir katılımcıların kurallar hakkında bilgilere sahip olmaması kazalara neden olabilir. Yerleşke içi kazaların önlenmesi için misafir katılımcıların bu kurallar hakkında kısa eğitim videolarını izlemeleri sağlanacaktır. Bu süreç yerleşke girişinde yapılması önerilen misafir bekleme salonunda gerçekleştirilecektir.

Yerleşke İçinde AUS Uygulama Planı Önerisi

Yerleşke tasarım önerisinde ulaşım ağı planlamasında kullanılması önerilen akıllı çözümler yerleşke planı üzerinde Şekil 3-48’de gösterilmektedir.



Şekil 3-48: Akıllı çözüm uygulama noktaları

Yerleşke içi akıllı durakların konumlandırma önerileri yerleşke katılımcılarının yoğunlukla kullandığı yapı ya da alanlara gelecek şekilde yapılmıştır. Buna göre özellikle eğitim binalarının giriş kapılarından kolay ulaşılabilir noktalar seçilmiş ve sosyal amaçlı tesislerin konumları da göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca idari binalardan önerilen akıllı duraklara ulaşımın kısa mesafede olması hedeflenmiştir.

Akıllı otoparkların ve elektrikli şarj ünitelerinin konumlandırılması güneş geliş açısına göre binalar tarafından gölgelenmeyecek şekilde tasarlanmıştır.

Akıllı kavşaklar araç ve yayaları en fazla kesiştiği noktalara konumlanacak şekilde tasarlanmıştır.

Akıllı hız kesici kasisler kavşaklar öncesi ve yerleşke katılımcılarının kullanacağı yaya geçitleri öncesinde konumlandırılmıştır. Böylelikle olası trafik kazalarının önlenmesi amaçlanmıştır.



4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde insanlar için en önemli kavram elbette konfor, güvenlik, erişilebilirlik, çevresel etki ve kullanım kolaylığıdır. Gelişen teknoloji ile konfor, güvenlik, erişilebilirlik ve kullanım kolaylığı sağlayan akıllı terimi hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Hayatın birçok alanında karşılaşılan akıllı teriminin etkili şekilde kullanılması için doğru bir planlama gerekir. Akıllı telefonlar, akıllı enerji, akıllı evler, akıllı şehirler, akıllı ulaşım gibi birçok kavram hayatımızı kolaylaştırmak, yaşam kalitesini, güvenliği ve erişimi artırmak ve çevresel zararları azaltmak için her gün biraz daha gelişmektedir. Geleceğe yönelik planlama senaryosu yapılırken akıllı tasarımların teknolojik alt yapısını öncelikli olarak oluşturmak çağı yakalamanın anahtarlarından biridir. Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin lokomotifleri durumundaki üniversitelerde akıllı teknolojilerin kullanılması hem çağı yakalama hem de geleceği tasarlama adına sorumluluk ve zorunluluk arz etmektedir. Üniversite yerleşkeleri tasarlanırken akıllı teknoloji bileşenlerinin kullanılması, üniversitelerin en önemli paydaşları olan araştırmacılar ve öğrenciler tarafından daha ileri teknolojilerin geliştirilmesine ön ayak olacaktır. Öğrenciler yerleşke içinde kullanılacak AUS teknolojilerinden hareketle yeni teknolojilerin geliştirilmesi projelerinde görev alabilecek, mezun olduklarında iş hayatlarında bu teknolojilerin geliştirilmesine yönelik sektörel girişimlerde bulunabileceklerdir.

Bu çalışmada yerleşkelerin bilimsel ve teknolojik gelişime katkısı bağlamında, yerleşke bünyesinde ve yerleşkenin şehirle arasında uygulanan ve uygulanabilecek akıllı ulaşım teknolojileri anlatılarak ya da önerilerek gelecekte ele alınacak yerleşke ulaşım planlamalarındaki akıllı ulaşım sistemlerinin ve teknolojilerinin uygulanmalarına kaynak oluşturmak amaçlanmıştır. Akıllı ulaşım sistemlerinin ve teknolojilerinin yerleşkelerde etkili kullanımı çevresel etki, zaman, enerji, maliyet, kaynak ve alan verimliliği sağlayacaktır. Bunun yanında son yüzyılda insanın hızla tükettiği çevrenin daha az ya da hiç zarar görmediği, çevreye duyarlı yerleşkelerin tasarımında akıllı ulaşım sistemlerinin ve teknolojilerinin kullanılması elzem görünmektedir.

Yerleşkenin şehirle olan bağlantısı yüksek orandaki öğrenci, idari personel ve akademik personel gibi katılımcıların etkisiyle ulaşım ve güvenlik açısından zaman zaman kritik durumlar oluşturacaktır. Bu yüzden yerleşkenin tasarımı bulunduğu şehrin tasarımını da etkileyecektir. Çalışmada ulaşım planlaması açısından yerleşke yakınında kavşak tasarımları ve şehirlerarası terminal, deniz otobüsü iskelesi, hızlı tren garı gibi ulaşım noktaları ile yerleşke arasında e-bike, e-scooter yolları gibi çeşitli öneriler de yapılmıştır.

Tez çalışmasında Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Merkez Yerleşkesi'nde uygulanması önerilen AUS teknolojilerinden Akıllı Duraklar ve Bekleme Salonları ile yerleşke kullanıcılarına konforlu bir ortam sağlanması amaçlanmıştır. Yerleşke girişinde önerilen tanımlama sistemleri, yerleşke içi yollarda kullanılması önerilen akıllı hız kesici kasis ve akıllı kavşak uygulamaları ile kullanıcıların güvenliğinin sağlanması amaçlanmıştır. E-scooter, e-bike gibi elektrikli bireysel ulaşım araçlarının kullanımı ile yerleşke içi ulaşım ağındaki noktalara daha hızlı erişimin sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca yerleşkenin şehirle bağlantısında önerilen modlar arası ulaşım ve paylaşımlı hareketlilik yöntemleri ile geniş bir erişim tercihinin sunulması amaçlanmıştır. Kullanılması muhtemel elektrikli araçların şarj desteği için çevreci teknolojiler olan güneş panelleri önerilerek çevreye zarar veren zararlı gaz salınımları ile tercihi gittikçe azalan fosil yakıtların kullanımının azaltılması amaçlanmıştır. Mobil teknolojilerin yaygınlaşması ile birçok ihtiyacın mobil cihazlardan karşılandığı görüldüğünden önerilen teknolojik hizmetlere ulaşımın mobil cihazlardan çalıştırılan uygulamalarla da sağlanması hedeflenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Tufan, H., (2014) Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları ve Türkiye İçin Bir AUS Mimarisi Önerisi, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ankara
- [2] Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (2017). Akıllı Ulaşım Sistemleri Terimleri Sözlüğü, Ankara: Özel Matbaası.
- [3] Hayashi H. & Morisugi H., (2000) International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, Transport Policy, 7 (1): 73-88 [https://doi.org/10.1016/s0967-070x\(00\)00015-9](https://doi.org/10.1016/s0967-070x(00)00015-9)
- [4] Tektaş, M., & Tektaş, N. (2019). Akıllı ulaşım sistemleri (AUS) uygulamalarının sektörlere göre dağılımı. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 2(1), 32-41.
- [5] Japan Society of Traffic Engineers, Intelligent Transport Systems (ITS), Maruzen Press, Tokyo, 1997.
- [6] Iowa University. (2016). Survey shows big gaps in knowledge. Retrieved August 6, 2019, from <https://apnews.com/article/97d5ac074309448088ea5499cb1fb1a3> Erişim : 12.12.2020
- [7] Akbaş, A., & Akdoğan, E. (2001). İstanbul Kent İçi Trafik Kontrol Sistemi Üzerine Bir Durum Değerlendirmesi. TMMOB Makine Mühendisleri Odası İstanbul'da Kent İçi Ulaşım Sempozyumu, 28–30.
- [8] Bozyer, Z., Alkan, A., Fırlı, A. (2014). Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin Çözümü için Önce Grupla Sonra Rotala Merkezli Sezgisel Algoritma Önerisi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 7(2).
- [9] Abdel-rahim, A. (2012). Intelligent Transportation Systems. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia: InTech.
- [10] U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, (2006) Ramp Management and Control Handbook Retrieved from https://ops.fhwa.dot.gov/publications/ramp_mgmt_handbook/manual/manual/pdf/rm_handbook.pdf Erişim: 30.12.2020
- [11] Topuz, V., Akba, A., & Tektaş, M. (2002). Boğaz Köprüsü Yoluna Katılım Noktalarında Trafik Akımlarının Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Kontrolü ve Bir Uygulama Örneği. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi ve Fuarı, Ankara, Ağustos-2002.

- [12] Auer, A., Feese, S., & Lockwood, S. (2016). History of Intelligent Transportation Systems. In U.S. Department of Transportation Intelligent Transportation Systems Joint Program Office.
- [13] Tackett, N., Jovanov, E., & Milenković, A. (2011, March). An implementation of time synchronization in low-power wireless sensor networks. In 2011 IEEE 43rd Southeastern Symposium on System Theory (pp. 61-66). IEEE.
- [14] Deakin, E. A., Skabardonis, A., & May, A. D. (1986). Traffic Signal Timing as a Transportation System Management Measure: The California Experience. Retrieved from <https://trid.trb.org/view.aspx?id=288542> Erişim: 01.01.2021
- [15] Skabardonis, A. (1994). Evaluation of The Fuel-Efficient Traffic Signal Management (FETSIM) Program: 1983-1993. Retrieved from California University, Berkeley website: <https://trid.trb.org/view.aspx?id=451797> Erişim: 01.01.2021
- [16] Kroeger, D., Stern, H., Kamyab, A., & McCall, B. (1998). Advantage I-75 mainline automated clearance system: final evaluation report.
- [17] Khali Persad, Walton, C. M., & Hussain, S. (2007). Toll Collection Technology and Best Practices: Vehicle / License Plate Identification for Toll Collection Applications. Retrieved from https://ctr.utexas.edu/wp-content/uploads/pubs/0_5217_P1.pdf Erişim: 05.01.2021
- [18] E-ZPass Group. (2019). E-ZPass. Retrieved from <https://www.e-zpassag.com/> Erişim: 05.01.2021
- [19] Peterson, M. P. (2014). Mapping in the Cloud. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?id=xT7q-7fUapsC&pg=PA40&dq=isbn:1462510418&hl=tr&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false Erişim:06.01.2021
- [20] Sill, S. (2011). Integrated Vehicle-Based Safety Systems (IVBSS).
- [21] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L. ve Stein, C., Section 24.3: Dijkstra's algorithm In Introduction to Algorithms, Second Edition, <https://scholar.google.com/citations?user=V5FJ6pIAAAAJ&hl=en> Erişim: 13.01.2021
- [22] Traffic stream models, https://www.civil.iitb.ac.in/~vmtom/1100_LnTse/503_LnTse/plain/ Erişim 10.01.2021
- [23] Mortensen, S. (2019). Integrated Corridor Management. Retrieved from https://www.its.dot.gov/research_archives/icms/index.htm Erişim: 09.01.2021
- [24] USDOT. (2019). Congestion Initiative. Retrieved from https://www.its.dot.gov/research_archives/congestion/index.htm Erişim: 09.01.2021

- [25] Dopart, K.(2012). About Automation. Retrieved from https://www.its.dot.gov/research_areas/automation.htm Erişim : 09.01.2020
- [26] Rouse, M., (1999) Flockinglike it's www.whatis.techtarget.com/definition/heuristic
- [27] Yiğit, E., & Öner, A. E., &Yöntem, O. (2020). Otonom Araçların Otomotiv Sektörüne Etkileri ve Beraberinde Getirdiği Yenilikler. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (Özel Sayı), 181-186.
- [28] Yardım, M. S., & Akyıldız, G. (2005). Akıllı Ulaştırma Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamalar. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı.
- [29] Yalçın, E. G., & Büyük, M. (2015). Otomatik Kaza Bildirim Sistemlerinin Trafik Çarpışmalarının Sonuçları Üzerindeki Yeri ve Önemi. 6. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi, 426.
- [30] Wang, W., Bengler, P., Wets, G., Shen, Y., Jiang, X., 2016, Green Intelligent Transportation System and Safety, Procedia Engineering 137, ScienceDirect, 11-12.
- [31] Sun, L., Li, Y., Gao, J., 2016, Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems, Procedia Engineering 137, ScienceDirect, 747-753.
- [32] Bloomberg, 2018, China's Built a Road So Smart It Will Be Able to Charge Your Car, <https://www.bloomberg.com/news/features/2018-04-11/the-solar-highway-that-can-recharge-electric-cars-on-the-move> , Erişim tarihi: 13.01.2021.
- [33] Tokuyama, H., 1996, Intelligent Transportation Systems in Japan, <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/96fall/p96au41.cfm>, erişim tarihi: 13.01.2021
- [34] Hayakawa, K., 2013, Japan: Intelligente Transport Systemen in de logistiek, Embassy of the Kingdom of the Netherlands, [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Intelligent%20Transport%20Systems%20\(ITS\)_logistics.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Intelligent%20Transport%20Systems%20(ITS)_logistics.pdf) , erişim tarihi: 01.02.2021.
- [35] Hauschild, A., Steigenberger, P., & Rodriguez-Solano, C. (2012). Signal, orbit and attitude analysis of Japan's first QZSS satellite Michibiki. GPS solutions, 16(1), 127-133.
- [36] OECD, 2018, Road Safety Annual Report 2018, The Organisation for Economic Co-operation and Development, p.73.
- [37] Nowacki, G., 2012, Development and Standardization of Intelligent Transport Systems, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 6, 3, 403-411

- [38] Landolfi, O., 2006, Iniziative italiane sui Sistemi Intelligenti di Trasporto, http://www.innovazione.toscana.it/coalap/images/pages/302/26032008152330849_21_Landolfi_Italian_initiatives_on_Intelligent_Transport_System.pdf, erişim tarihi:19.01.2021
- [39] European ITS Platform, 2014, The Easy Way Programme (2007-2020) and its Project, <http://www.its-platform.eu/highlights/easyway-programme-2007-2020-and-its-projects>, erişim tarihi: 26.01.2021
- [40] Hall, F. L. (1996). Traffic stream characteristics: Traffic Flow Theory
- [41] Treiber, M., & Kesting, A. (2013). Traffic flow dynamics. Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [42] Naiem, A., Reda, M., El-Beltagy, M., & El-Khodary, I. (2010). An agent based approach for modeling traffic flow.
- [43] Waldeer, K. T. (2004). Numerical investigation of a mesoscopic vehicular traffic flow model based on a stochastic acceleration process. Arxiv Preprint Cond-Mat/, 0412490.
- [44] Zhang, L., McHale, G., & Zhang, Y. (2003). Modeling and validating CORSIM freeway origin-destination volumes. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1856(-1), 135–142.
- [45] Park, B., Won, J., & Yun, I. (2006). Application of microscopic simulation model Calibration and validation procedure: Case study of coordinated actuated signal system. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1978(-1), 113–122. Physical Review E, 53(5), 4655.
- [46] Comtois, C., Slack, B., & Rodrigue, J.-P. (2013). The geography of transport systems (3rd ed.). London: Routledge, Taylor & Francis Group.
- [47] Boxill, S. A., & Yu, L. (2000). An evaluation of traffic simulation models for supporting ITS development: Center for Transportation Training and Research, Texas Southern University.
- [48] Sadowski, D., Sadowski, R., and D. Kelton, Simulation with Arena, McGraw Hill, 1998
- [49] Gallo, M., D’Acerno, L., & Montella, B. (2014). Global Optimisation of Signal Settings: meta-heuristic algorithms for solving real-scale problems. In Computer-based Modelling and Optimization in Transportation (pp. 177-193). Springer, Cham.
- [50] Maia, L. C., & Couto, A. F. do. (2014). A Rail Network Optimization Model Designed for Freight Traffic. In Computer-based Modelling and Optimization in Transportation. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.

- [51] Dantzig, George Bernard; Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6 (1), 80–91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80>
- [52] Van Vliet, D. (1987). The Frank-Wolfe algorithm for equilibrium traffic assignment viewed as a variational inequality. *Transportation Research Part B: Methodological*, 21(1), 87-89.
- [53] Patriksson, M. (2015). *The traffic assignment problem: models and methods*. Courier Dover Publications.
- [54] Agatz, N., Erera, A., Savelsbergh, M., & Wang, X. (2012). Optimization for dynamic ride-sharing: A review. *European Journal of Operational Research*, 223, 295–303.
- [55] Shah, N., Kumar, S., Bastani, F., & Yen, I.-L. (2011). Optimization models for assessing the peak capacity utilization of intelligent transportation systems. *European Journal of Operational Research*, 216 (2012), 239–251.
- [56] Ghosh, S., & Lee, T. S. (2010). *Intelligent Transportation Systems Smart and Green Infrastructure Design*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- [57] Figueiredo, L., Jesus, I., Tenreiro Machado, J. A., Rui Ferreira, J., & Martins De Carvalho, J. L. (2001). Towards the development of intelligent transportation systems. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, (81), 1206–1211.
- [58] Blythe, P. (1998). *Intelligent Infrastructures Futures Foresight Study*
- [59] Şahin, Y., & Eroğlu, A. (2014). Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi İçin Metasezgisel Yöntemler: Bilimsel Yazın Taraması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 337– 355.
- [60] Ozbay, K., Bartın, B. O., Mudigonda, S., & Board, T. R. (2006). Microscopic Simulation and Calibration of Integrated Freeway and Toll Plaza Model.
- [61] Öztürk, N., & Küçükoğlu, İ. (2013). A differential evolution approach for the vehicle routing problem with backhauls and time windows. *Journal of Advanced Transportation* Published Online in Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/atr.1237>
- [62] Barceló J., Casas J., Ferrer J.L., G. D. (1999). Modelling Advanced Transport Telematic Applications with Microscopic Simulators: The Case of AIMSUN2. In *TSS - Transport Simulation Systems*.
- [63] Oonk, M., & Svensson, J. (2012). *Automation in Road Transport*.
- [64] Broggi, A., Bertozzi, M., Fascioli, A., & Conte, G. (1999). *Automatic Vehicle Guidance: the experience of the ARGO Autonomous Vehicle*. Singapore: World Scientific Co. Publisher.

- [65] Türeyen, M.N., (2002) Yükseköğretim Yapıları - Yerleşke, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul
- [66] Karakaş, B. N., (1999) Üniversite Yerleşkeleri Fiziksel Gelişim Planlama Süreci: Bartın Orman Fakültesi Örneği. Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bartın
- [67] Özen, Ü., (2005) Üniversite kuruluşunun kent merkezi arazi kullanım biçimine olan etkiler: Çanakkale Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, FBE, İstanbul
- [68] Hashimshony, R. & Haina, J., (2005) Designing the University of the Future, Planning for Higher Education, 34(2), 5-19
- [69] Vaquero, J. M. (2011). Historical records of solar grand minima: a review. Proceedings of the International Astronomical Union, 7(S286), 383-392.
- [70] <https://www.sorbonne-universite.fr/en/university/history-and-heritage/history>
- [71] Özaydın, A., (2015). "Bağdat Nizâmiye Medresesi'nin İlk Müderrisi Ebû İshâk Eş-Şîrâzî ve Medresenin Resm-i Küşâdî". Şarkiyat Mecmuası, 26. Erişim tarihi: 2 Ocak 2021
- [72] https://www.yok.gov.tr/Dergi/YOK_Dergi_06/HTML/files/assets/common/downloads/publication.pdf, erişim tarihi 08.05.2021.
- [73] <<http://www.niksar.gov.tr/niksar-yagibasan-medresesi#gallery>>, erişim tarihi 08.05.2021.
- [74] Kuran, A. (1988). Mimar Sinan'ın Külliyesi, erişim tarihi 08.05.2021.
- [75] Sönmezler, K., (2003). Modern Mimarının Kentsel Deney Alanı: Üniversite Tasarımı, Doktora Tezi, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, ss.9,34
- [76] YAYLALI, B., & CIL, E. Issues in the planning and design of university campuses in Turkey., erişim tarihi 08.05.2021.
- [77] Erkman, U. (1990) Büyüme ve Gelişme Açısından Üniversite Yerleşkelerinde Planlama ve Tasarım Sorunları, İ.T.Ü. Mimarlık Baskı Atölyesi, İstanbul
- [78] Ünal, S., (2019) Üniversite Yerleşkelerinde Peyzaj Tasarımı: Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Yerleşke Örneği, Ç.O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale
- [79] Koroğlu, D., (1988) Üniversite yer seçimi için bir model, Doktora Tezi, İTÜ, FBE, İstanbul
- [80] Booth, N. K., (1990) Basic Element of Landscape Architectural Design, Waveland Press, Inc., USA

- [81] Öner, S., (1999) Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Merkez Yerleşke Alanı Peyzaj Planlaması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 111
- [82] SİRAMKAYA, S. B., & ÇINAR, K. (2012). Üniversite Kampüs Yerleşkelerinde Ortak Kullanım Mekânlarının İncelenmesi: Selçuk Üniversitesi Aleaddin Keykubat Kampüsü Örneği. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 27(2), 61-72.
- [83] <https://www.utwente.nl/en/campus/buildings-rules/#books-about-the-campus>, erişim tarihi 08.05.2021.
- [84] https://words2019.lboro.ac.uk/assets/files/Maps/lboro-campus_map.pdf, erişim tarihi 08.05.2021.
- [85] <http://www.sandiego.edu>, erişim tarihi 08.05.2021.
- [86] <https://www.fuberlin.de/redaktion/orientierung/media/lageplan-gesamt.pdf>, erişim tarihi 08.05.2021.
- [87] <https://maps.illinoisstate.edu/maps/>, erişim tarihi 08.05.2021.
- [88] <https://www.ruhr-uni-bochum.de/matilda-ma/contact.html.en>, erişim tarihi 08.05.2021.
- [89] <https://www.anadolu.edu.tr/kampuste-yasam/fotograf-galerisi/fotograflarla-anadolu-universitesi>, erişim tarihi 08.05.2021
- [90] <https://www.glassdoor.co.in/Photos/Brigham-Young-University-BYU-Office-Photos-IMG613973.htm>, erişim tarihi 16.05.2021.
- [91] Dober, R. (2000) Campus Landscape: Functions, Forms, Features. John Wiley & Sons, Inc. Printed indökmesci United States of America, ISBN: 0-471-35356-6, 259 p. <http://amazon.com/gp/reader/>
- [92] Harris, C., (1988) Time – Saver Standards for Landscape Architecture Design and Construction Data, McGraw-Hill, New York.
- [93] <https://hwgc.com/projects/confidential-fortune-500-campus-parking-garages>, erişim tarihi 16.05.2021.
- [94] <https://www.bath.ac.uk/corporate-information/visitor-car-parking-on-our-claverton-down-campus/>, erişim tarihi 16.05.2021.
- [95] <https://www.madoors.com.tr/urun/hiza-duyarli-hiz-kesici-kasis>, erişim tarihi 17.05.2021
- [96] <https://www.trthaber.com/haber/gundem/cumhurbaskani-erdogan-kabine-toplantisina-surucusuz-otobus-ile-gitti-552655.html>, erişim tarihi 17.05.2021.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı	MEHMET ÜNEŞ	
Doğum Yeri		
Doğum Tarihi		
Uyruğu		
Telefon		
E-Posta Adresi		
Web Adresi		

	Eğitim Bilgileri
	Lisans
Üniversite	DOĞU AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
Fakülte	MÜHENDİSLİK
Bölümü	İNŞAAT
Mezuniyet Yılı	2009

Yüksek Lisans	
Üniversite	Bandırma Onyediy Eylül
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı
Programı	Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı

Makale ve Bildiriler
Üniversite yerleşkesi ulaşım planlamasında akıllı ulaşım sistemleri ve teknolojilerinin kullanılması