



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



Yüksek Lisans Tezi

OTONOM TRAFİK IŞIKLARI KONTROLÜ VE OPTİMİZASYONU

Oğuzhan AKARSLAN

Akıllı Ulaşım Sistemleri Anabilim Dalı

Akıllı Ulaşım Sistemleri Programı

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ERTÜRK**

Ağustos, 2021

İSTANBUL

Bu alışma, 24.08.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Akıllı Ulaşım Sistemleri Anabilim Dalı, Akıllı Ulaşım Sistemleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ERTÜRK(Danışman)
İstanbul Üniversitesi

Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi

Doç. Dr. Muhammed Ali AYDIN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpařa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Mehmet ADAK
İstanbul Üniversitesi
Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.



ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca ders ve tez aşamaları başta olmak üzere tüm süreç boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen tez danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ERTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bilimsel hazırlık dönemi dahil toplam geçen üç sene boyunca her an ve her konuda değerli desteklerini her zaman benimle paylaşan Saygıdeğer Babam, Annem ve Ablam'a teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2021

Oğuzhan AKARSLAN



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ.....	x
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1.İLK BAKIŞTA AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ	3
2.2.AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ GENEL YAPISI	8
2.3.AUS VE OTOYOL DENETİMİ.....	11
2.3.1.Kontrollü Şerit Çalışması	13
2.3.2. Akıllı Karayolu Projelendirmesi.....	13
2.3.3.Yol - Hava Durumu Brifing Mekanizması	13
2.3.4.Acil Taşıt Sıralandırma Mekanizması	14
2.3.5. Sinyal Denetim Mekanizması.....	14
2.3.6. Yol Kullanıcı Brifing Mekanizması	14
2.3.7.Kablosuz Algılayıcılar ve Nesnelerin İnterneti	15
2.4. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE AUS	16
2.4.1. AUS Mevduatları.....	17
2.4.2. Gelişmiş Ülkelerde AUS Uygulamaları	19
2.5. AUS YAPISINDA KAVŞAK KONTROLÜ	21
2.5.1. AUS’da Kavşak Kontrol Gereçleri.....	27
2.6. AUS VE TRAFİK YÖNETİMİ	29
2.6.1.Trafik Belirteç İzleri Yapılandırılması ve Uygulanması	33
2.6.2.Sinyalizasyon Mekanizmaları	36
2.6.3.Trafik Sinyalizasyonu.....	37
2.6.4.Trafik Sinyalize Mekanizmasında Geçen Bazı Kavramlar	37
2.7.OTONOM TRAFİK YÖNETİM SİSTEMLERİ	39

2.7.1.Sinyalize Kontrol Metotları	40
2.7.2.Sabit Zaman Ayarlı Sinyalizasyon Mekanizmaları	42
2.7.3.Yarı Trafik Adapteli Sinyalizasyon Mekanizmaları.....	42
2.7.4.Tam Trafik Adapteli Sinyalizasyon Mekanizmaları	43
2.7.5.Otonom Trafik Yönetim Mekanizmaları.....	43
2.7.6.Otonom Trafik Yönetim ve Denetim Mekanizması Uygulamaları	44
2.7.7.OTYS Metotları ve Temel İlkeleri	45
2.7.8.OTYS’de Kullanılan Yapay Zeka Yöntemleri	47
2.7.9.OTYS Ürünü için Gereklilikler Analizi	48
2.7.10.OTYS Performans Ölçütleri	50
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	52
3.1 PYTHON İLE OTONOM YÖNETİM	52
3.1.1.Python Tanımı ve Özellikleri	52
3.1.2. Python, Makine Öğrenmesi ve Görüntü İşleme Teknolojisi	53
3.1.3. Python ve Görüntü İşleme	54
3.1.4. YOLO Algoritması ve Görüntü İşleme	54
3.1.5. Otonom Sisteminin Temel Gereksinimleri.....	55
3.1.6. Sistemin Entegrasyonu ve Genel Süreç Akışı	58
3.2. SUMO SİMÜLATÖR VE PYTHON	59
3.3. SİMÜLASYON UYGULAMASI.....	60
3.3.1. Kullanılan Sözde Python Kodu	64
4. BULGULAR.....	65
4.1.OTONOM SİSTEMİN SİMÜLASYONU VE OPTİMİZASYONU	65
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	76
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. AUS Kullanım Metodolojisi	3
Şekil 2.2. AUS'nin Kronolojik Gelişimi	5
Şekil 2. 3. AUS & Sektörel Yayılımı	6
Şekil 2.4. Mevcut ve Gelecek AUS Çalışmaları	11
Şekil 2.5. Ülkelerin Sene Bazında Kaza Karşılaştırma Oranları	13
Şekil 2.6. Tipik Algılayıcı Düğüm	15
Şekil 2.7. AUS & Kavşak Yönetimi.....	25
Şekil 2.8. Kent İçi Trafik İzleme Kamerası.....	30
Şekil 2.9. Çok Yönlü Trafik Entegrasyon Mekanizmaları	31
Şekil 2.10. Yol Ağı Yoğunluk Haritası	31
Şekil 2.11. Yol DMP Uygulaması	32
Şekil 2.12. MBS Trafik Yoğunluk Göstergesi	32
Şekil 2.13. Trafik Kural İhlal Tespit Sistemi.....	33
Şekil 2.14. Yatay-Dikey Trafik Belirteç İzleri	34
Şekil 2.15. Yol Belirteç İzleri.....	34
Şekil 2.16. Çift Kompenantlı Boya ile Trafik Belirteç İzleri	35
Şekil 2.17. Termoplastik Boya ile Trafik Belirteç İzleri	35
Şekil 2.18. Yol Butonu Çeşitleri.....	35
Şekil 2.19. Trafik Lambaları Mekanizması	37
Şekil 2.20. Şeritler ve Trafik Akışı Kontrolü	38
Şekil 2.21. Akıllı Ulaşım Sistemleri Fizibilitesi.....	39
Şekil 2.22. Sinyalize Kontrol Metotlarının Kıyaslanması	44
Şekil 2.23. Sabit Zamanlı ve OTKS Kıyaslaması	45

Şekil 3.1. Makine Öğrenmesi Genel Proses Şeması.....	53
Şekil 3.2. YOLO Algoritması Çalışma Sistemi.....	55
Şekil 3.3. Görüntü İşleme Araç Tespit Süreci.....	56
Şekil 3.4. YOLO ve Izgara Tespit Mekanizması.....	57
Şekil 3.5. Sim Card Board-Raspberry Pi-Rack Server.....	58
Şekil 3.6. Python Kodu ile SUMO'nun Başlatılması.....	60
Şekil 3.7. SUMO Kavşak Simülasyonu.....	60
Şekil 3.8. SUMO Trafik Parametreleri.....	61
Şekil 3.9. Kavşakta Uygulanan Akıllı Trafik Işıkları Sistemi.....	62
Şekil 4.1. Yoğunluk Skalası ve Toplam Araç Sayısı Analizi.....	68
Şekil 4.2. Yoğunluk Skalası ve Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı Analizi.....	69
Şekil 4.3. Yoğunluk Skalası ve Araçların Ortalama Hızı Analizi.....	70
Şekil 4.4. Yoğunluk Skalası ve Ortalama Seyahat Durma Süresi Analizi.....	71
Şekil 4.5. Yoğunluk Skalası ve Ortalama Seyahat Durma Süresi Analizi.....	72
Şekil 4.6. Yoğunluk Skalası ve Seyahatte Kaybedilen Ortalama Süre Analizi.....	73
Şekil 4.7. Yoğunluk Skalası ve Ortalama Seyahat Hızı Analizi.....	74

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. AUS & Gelişen Ülkelerin Kaza Oranları	12
Tablo 2.2. Kavşaklar & Sayısal – Yüzdesel Oranları.....	24
Tablo 4.1. Geleneksel Trafik Işıkları Verileri.....	65
Tablo 4.2. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 1.....	65
Tablo 4.3. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 2.....	66
Tablo 4.4. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 3.....	66
Tablo 4.5. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 4.....	67
Tablo 4.6. GTIS ve ATIS Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları.....	67

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

CO_2	: Karbondioksit
CO	: Kobalt
NO_2	: Azotdioksit

Kisaltmalar	Açıklama
-------------	----------

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AB	: Avrupa Birliği
ATIS	: Akıllı Trafik Işıkları Sistemi
ATS	: Akıllı Trafik Sistemi
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
DMP	: Değişken Mesaj Panoları
DMS	: Değişken Mesaj Sistemi
GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
GPS	: Global Positioning System(Küresel Konumlama Sistemi)
GTIS	: Geleneksel Trafik Işıkları Sistemi
IoT	: Internet Of Things (Nesnelerin İnterneti)
KAA	: Kapsamlı Algılayıcı Ağlar
KM	: Kilometre
MBS	: Mobil Bilgi Sistemi
NMS	: Non-Maximum Suppression
OTYS	: Otonom Trafik Yönetim Sistemi
RELU	: Rectified Linear Unit(Doğrultulmuş Lineer Birim)
TKM	: Trafik Kontrol Merkezi
TYM	: Trafik Yönetim Merkezi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTONOM TRAFİK IŞIKLARI KONTROLÜ VE OPTİMİZASYONU

Oğuzhan AKARSLAN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Akıllı Ulaşım Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ERTÜRK

Akıllı ulaşım sistemleri ve akıllı şehircilik kavramlarının en önemli uygulama alanlarından olan, aynı zamanda hem araç hem ilgili trafik sistemlerinin entegrasyonuna odaklı konular içerisinde “Otonom Trafik Işıkları Kontrolü ve Optimizasyonu” yüksek öneme sahiptir. Trafik ışıklarının sabit zamanlama kurgusuyla çalıştırılması yaşanan trafik deneyiminde olumsuz sonuçlara sebebiyet verebilmektedir. Bu çalışmada görüntü işleme teknolojisinin kavşak trafik ışıklarını trafik yoğunluğunun tespitiyle tetikleyen, proaktif ve dinamik bir yapıyabüründüren, araç yoğunluğunun olduğu yola öncelik verilerek farklı senaryolardaki sonuçlarının karşılaştırmalı analizinin yapılması amaçlanmıştır.

Ağustos 2021, 80 sayfa.

Anahtar kelimeler: Akıllı Ulaşım Sistemleri, Akıllı Şehir, Otonom Trafik Işıkları Sistemi, Otonom Trafik Işıkları Kontrolü, Otonom Trafik Işıkları Optimizasyonu

SUMMARY

M.Sc. THESIS

CONTROLLING AND OPTIMIZING OF AUTONOMOUS TRAFFIC LIGHTS

Oğuzhan AKARSLAN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Intelligent Transport Systems

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Mehmet Ali ERTÜRK

"Autonomous Traffic Light Control and Optimization" has a high importance among the topics that focus on the integration of both vehicle and related traffic systems, which is one of the most important application areas of smart transportation systems and smart urbanism concepts. Operating traffic lights with a fixed timing setup can cause negative consequences in the traffic experience. In this study, it is aimed to make a comparative analysis of the results of image processing technology in different scenarios by giving priority to the road with vehicle density, which triggers the intersection traffic lights with the detection of traffic density, giving it a proactive and dynamic structure.

August 2021, 80 pages.

Keywords: Smart Transportation Systems, Smart City, Autonomous Traffic Lights System, Autonomous Traffic Lights Control, Autonomous Traffic Lights Optimization

1. GİRİŞ

Uluslararası anlamda son dönemlerde karşılaşılan finansal ve ekonomik gelgitler, tüm dünya genelinde global ticareti süreçlerde; ürün ve hizmet odaklı bir şekilde son tüketicinin karşılaştığı tüm bu prosesin tecrübesi anlamında geniş hacimli bir şekilde arz-talep ışığında küçülmeye doğru itmiştir. Tüm bunlara ek olarak ise taşıma, taşınma, ulaşım ve ulaştırma olarak incelendiğinde ise net bir ifade ile söylenebilir ki açık bir formda arz-talep bazında genişleyen bir tabana rastlandığı görülür. Ayrıca bilim ve bilimin ışığında teknolojik başlığı çerçevesinde büyük bir ivme yakalayarak genişleyemesinde aynı şekilde benzer tepkilerle eş güdümlü bir büyüme sinyali almıştır ve bu bağlamda da gelişim kaydedecek iyileştirmeler gerçekleştirilmektedir.

Buna ek olarak, global odakta hissedilen konforun, güvenliğin, bütünsel zamanlı erişim sağlanması konusunda tüm erişim ve ulaşım sistemlerine olan rağbet de ulaşım ve aynı zamanda ulaştırma alanındaki bilimsel çalışmalara yön verir bir şekilde olumlu karşılıklar bulmaktadır. Bu kapsamda ortaya gelen ifadelerden ve yansımalarından; AUS(Akıllı Ulaşım Sistemleri), birleştirici altyapı sistemleri ve enformasyonun en önemli noktası olan iletişim etkileşimlerinin sonucu olarak birbirlerini tetikleyen bir yapıya bürünmüştür.(Güzergah, istikamet, yolcu vb.)

Kapsam olarak değerlendirildiğinde gerçekleştirilen çalışmaların enformasyon, haberleşme, algı tetiklemesi ve kontrol yapılaşması birlikte yürütülür. Kullanılan ulaşım araçlarında yolcu emniyetini azami noktaya ulaştırmak, kazaları engellemek, olumsuz bir yol hal ve durumunda veyahut sonrasında ortaya çıkabilecek negatif etkili ciddi durumları engellemek adına bu çalışmaların önemi ve AUS'un oluşturduğu etki ön plana çıkmaktadır. Kavşaklar, yolların kesiştiği ana hatlar, söz konusu ortaya çıkabilecek zarar vericiliği yüksek araç kazalarını engellemek amacı ile çeşitli trafik denetimi yöntemleri AUS uygulama kütüphanesinde yerini almıştır. Özellikle son yıllarda da bu anlamda görüntü işleme ve otonom sistemler ön plana çıkmaktadır. Trafik emniyetinin sağlanması konusunda proaktif yaklaşımların zaman içerisinde önemi artarken, bu anlamda oluşturulan sistemle eş organizasyonda çalışan dinamik bir yapı kurgusu da eklenmiştir. Akıllı şehir kapsamında proaktif ve dinamik sistemlerin en önemli parçalarından birisi de bu noktada trafik optimizasyonlarıdır.

Trafik optimizasyonunun sağlanması için bugüne dek pek çok yöntem ve teknoloji kullanılmıştır. Kullanılan her bir yöntem ve teknolojinin sonuçlarından elde edilen bilimsel veriler sistemin gelişimine önemli katkılar sunarken, sistemin açıklarının da farkedilmesinde önemli rol oynamıştır. Görüntü işleme teknolojisi de trafik yönetimi ve optimizasyonu konusunda sağlanabilecek faydaların en önemli parçalarından bir tanesidir. Bu sistem; kullanılan çeşitli yazılım dilleri ve algoritmaları sayesinde araçların tespit edilmesi sonrasında trafik ışıklarının tetiklenerek ortak bir karar destek noktasında dinamik bir çalışma prensibine sahiptir.

Python da bu teknolojiye en çok tercih edilen programa dildir. Bunun temel sebebi ise programlama dilinin sahip olduğu esneklik olduğu söylenebilir. Esnekliğin getirmiş olduğu temel iki fayda; geliştirmelerin ve güncellemelerin çevikliğidir. Bu projelendirme çalışmasında kullanılan yazılım kütüphanelerin önemi ve değeri çok büyüktür. Nesnelerin tespit edilmesi ve bu görüntülerin belirli zaman aralıklarında geçici olarak depolanarak sistemi dinamik hale getirme noktasında çok önemlidir. Bu programa dili ile birlikte de en çok tercih edilen algoritma YOLO(You Only Look Once) algoritmasıdır.

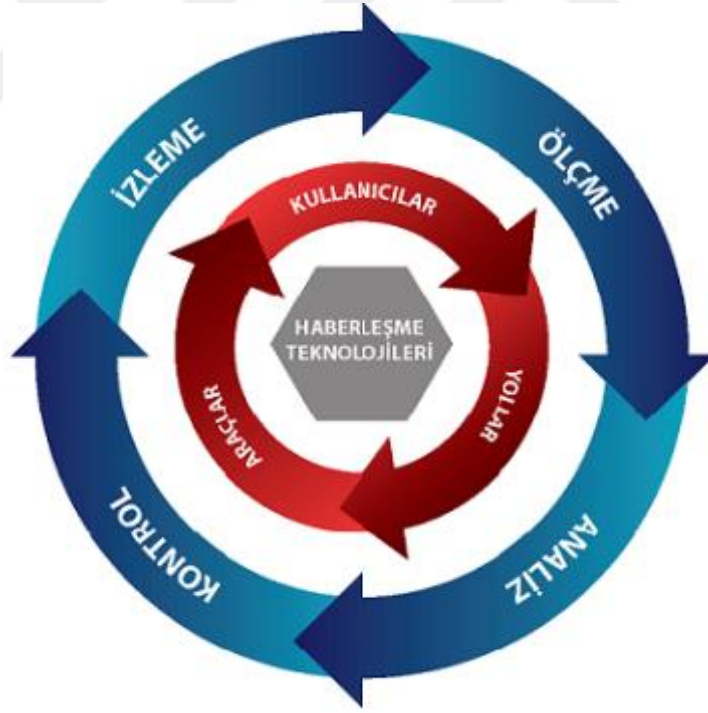
Bu tez çalışmasında görüntü işleme teknolojisinin fiziksel ortamda uygulama yöntemi ile beraber, bu sistemin simülasyonu gerçekleştirilerek sayısal verilerle detaylı analizi ve sağlayabileceği katkılar üzerine durulmuştur. Öncelikle görüntü işleme teknolojisinin kullanılabilmesi için temel fiziksel gereksinimlerden bahsedilmiştir. Daha sonrasında bu araç ve gereçlerin birbirleri ile entegre olabilmesi için gerekli olan sistem ve mekanizma yapısının anlatılmasıyla beraber ilgili sistemin çalışma süreç ve prensibinden bahsedilmiştir.

Çalışmanın simüle edilmesi ise Python programa dili kullanılarak SUMO simülasyon programı ile beraber bütünleşik çalışan ve SUMO simülasyon programını tetikleyen bir yazılım kullanılmıştır. Hazırlanan algoritmanın temel prensibi; SUMO simülasyon programını otomatik başlatarak rassal araç geçişleri ile kavşaklara entegre edilen araç tespit sistemi ile kavşak trafik ışıklarının birbirleri ile entegre olarak yoğunluk olan yollara geçiş önceliği verilmesine dayanmaktadır. Bu doğrultuda; geleneksel trafik ışıklandırması sistemi ile görüntü işleme teknolojisinin dört farklı trafik yoğunluk skalasında göstermiş olduğu reaksiyon sonucunda elde edilen trafik verilerinin çeşitli parametrelerde karşılaştırmalı analizi yapılarak mevcut geleneksel yöntemle nazaran etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1.İLK BAKIŞTA AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS); zaman yolculuk sürelerinin düşürülmesi, trafiğin emniyete alınması, halihazırda yol hacimlerinin etkin kullanılması, hareketliliğin oluşması, enerjinin tasarruflu ve etkin harcanması ve etrafa yansıyan zararın düşürülmesi gibi hedefler doğrultusunda geliştirilen sürücü, altyapı, araç ve odak noktası arasında farklı data alışverişi ile değerlendirme, ölçme, analiz ve kontrol sistemlerini kapsayan enformasyon etkileşim temelli ekosistemdir. Bu yapılar aracılığıyla pek çok aplikasyon geliştirilmiştir. Akıllı Ulaşım Sistemleri'nin yakın zamanda geniş tabana yayılmış kullanımları ve çalışmaları Şekil 2.1'de gösterilmiştir. [1]

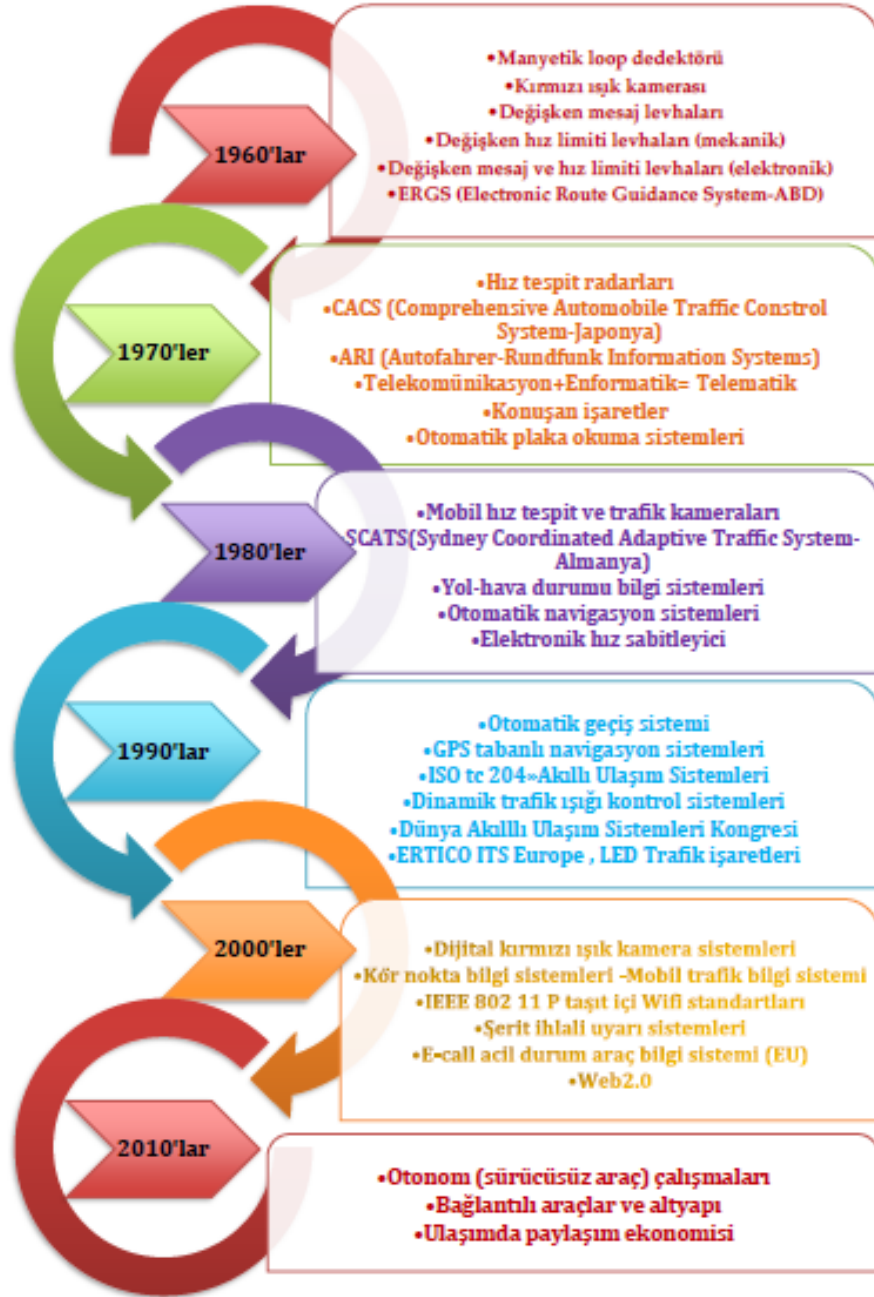


Şekil 2.1. AUS Kullanım Metodolojisi [29]

AUS özelindeki çalışmalar 60'lı senelerin sonu 70'li senelerin başında CACS (Comprehensive Automobile Traffic Control Systems-Bütünsel Otomobil Trafik Kontrol Sistemleri) olarak Japonya, Amerika'da ve Almanya'da ERGS (Electronic Route Guidance System - Elektronik Yön Rehberlik Sistemi) şeklinde ilk giriş yapılmıştır. 80'li yılların ortasından başlayarak iletişim anlamında bilimsel olarak teknolojik ilerlemelerde AUS da adından sıkça söz ettirecek ilerlemelerle hızlanmıştır. [1]

Devlet ve sanayi işbirliğiyle önemli olarak atfedilecek süreçlere girizgah yapmıştır. İlgili projelerle 1990'dan 2000 senesine kadar elektronik finansal kollektif sistemler, akıl ortaya koyan yol sistemleri, yolcu ve araç kullanıcısı bilgi sistemleri ve trafik kontrol erişim ve haberleşme noktaları gibi çalışmalarla etrafıca yayılmış AUS, farklı bir düzen ve tertip biçiminde uygun görmeye başlamıştır.[1]

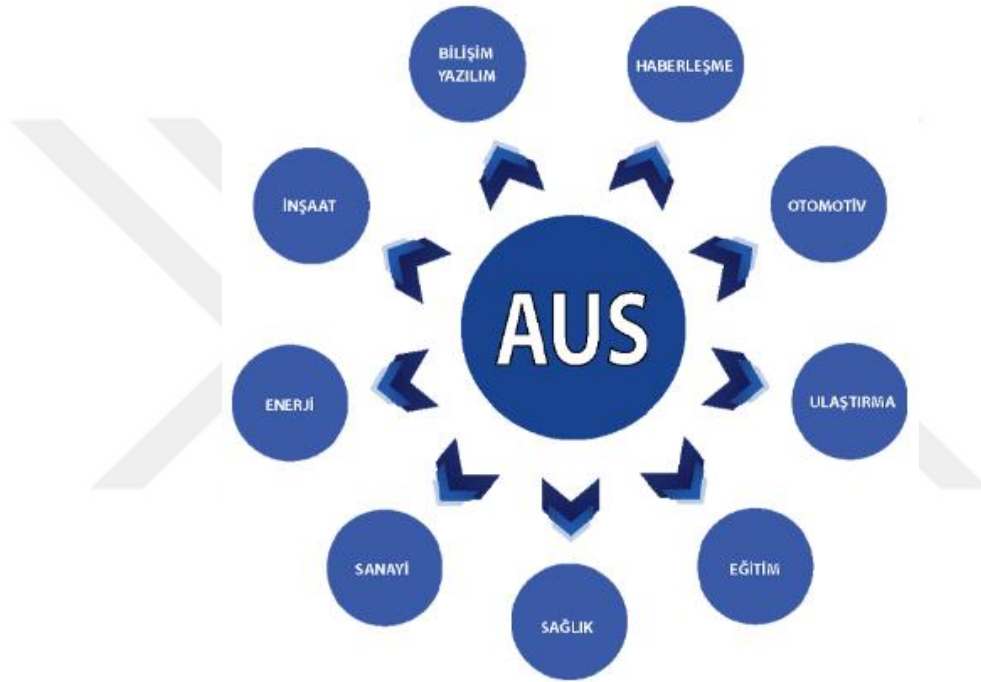
Global anlamda ilk AUS topluluk çalışması 1994 yılında Fransa'da gerçekleştirilmiş ve bu yıllarda birlikte her sene düzenli bir şekilde farklı ülkelerde kendini göstermeye devam etmiştir. Bu tipteki çalışmalar ve ek olarak AUS alanında gerçekleştirilen teorik kapsamlı araştırmalar nihayetinde kazanılan bilgiyle ortaya koyulan teknolojik ilerlemeler ve ihtiyaç analizleri doğrultusunda ülkeler kendi Akıllı Ulaşım Sistemleri ekosistemlerini kurulumak adına kolları sıvamıştır. Global ölçekte organize edilen bu ekosistemlere ek olarak farklı yapılaşmalar da olmuştur(ITS America gibi).[1]



Şekil 2.2. AUS'nin Kronolojik Gelişimi [10]

Gelişme noktasında en üst seviyelerde olan ülkeler içinde dünya üzerinde AUS ekosisteminde pay ortaklığı hedefiyle özellikle 2015 senesi itibarıyla ciddi bir yarışma başlamıştır. AUS ekosistemi çerçevesinde proje çalışmalarının farklılaşması, altyapı entegrasyonu ve bilimsel teknik yatırımlarının yüksek hacimlere ulaşması, teşvik edici rol model sistemlerin güçlenmesi ve ülkesel hedef çizgileri AUS'un direkt yansıması bu yarışın en önemli parçasıdır.

İnformasyon ve iletişim teknolojilerinde ışığında hızlı değişime eş çizgide AUS bilimsel teknikleri ve çalışmaları farklılaşarak yaygınlaşmaktadır. AUS'un özellikle ulaştırma anlamında inşaat, bilişim, çevreden sağlığa, sanayiden eğitime kadar çok sayıda sektörü içeren ve bunlara ek fayda sunan yapısıyla disiplinler arası çerçeve şeklinde önümüze çıkmaktadır. AUS çalışmaları ile temas eden sektörler Şekil 2.3'te gösterilmiştir.[1]



Şekil 2. 3. AUS & Sektörel Yayılmı [29]

Dünyanın pek çok lokasyonunda popülasyon dağılımı detaylı olarak incelendiğinde, 2012-2019 seneleri içinde gelişmesini en üst seviyeye çıkarmış ülkelere ek olarak gelişimine devam eden ülkelerde de şehirleşme hacmi büyümektedir. Nüfusun artmasıyla meydana gelen şehirselleşme hacmi ekonomik gibi ulaşım gibi pek çok noktada gündelik hayatı etkileyen bazı farklılıkları ortaya çıkarmıştır.

Şehirlerdeki iş imkanlarının kırsallara nazaran bir nebze fazlalığı, popülasyon artışının temeldeki en önemli noktalarından birisi anlamına gelmektedir. Var olan bu durum şunu gösteriyor ki; trafik problemlerini de bunlarla bütünsel olarak düşünebiliriz. Şehir yaşamı

anlamında ilgili bölge ve alanların çalışma koşulları zorlar nitelikte uzak ara mesafelerde olması ve ulaşım duyulan ihtiyaç noktasında toplu taşımayla birlikte aslında kişisel taşıtların da artış göstermesi mevcut trafik yoğunluk haritalarında belirgin bir şekilde işaret ederek sıkışıklığa sebebiyet vermektedir. Şehirleşme sadece yapıların artışını kapsamamakla birlikte; hem taşıt hem yaya trafiği olarak geniş bir olumsuz trend artışını işaret etmektedir.

Trafikteki taşıt araçlarının artışı ve sebebiyet verdiği sıkışıklık çevreye verilen negatif yansıma ya bağlı zararlar olarak da; yakıt tüketiminin ve karbondioksit yayılımındaki yüksek artışlar, enformasyon ve iletişim teknolojilerinin ulaşım konularında etkin bir şekilde faaliyet göstermesini zorunlu kılmıştır. Bu noktada ise yapılabilecek en iyi metotlardan birisi ve son dönemlerde ilk akla gelen; Akıllı Ulaşım Sistemleri'dir.

Akıllı ulaşım sistemleri katkıları sayesinde kaynağı insan olan hatalar en düşük seviyeye çekilmektedir. Buna ek olarak; özünde trafik olan vakit kaybı, ölüme ve de yaralanmaya sebebiyet veren kazalar, maddi olarak yaşanan kayıplar, çevreye olumsuz etkisi ve bunun gibi çok sayıda olumsuz durumun oluşması engellenmiştir.

Bahsi geçen tüm bu sebeplerden kaynaklı Akıllı Ulaşım Sistemleri'nin faydası ve ehemmiyeti bir kez daha ortaya koyulmuştur. AUS'un geniş bir alana yayılması ve dokunması sayesinde ilgili ihtiyaçlara özel çözümler oluşturulabilecektir. İlgili solüsyonlar ise aşağıda verim vurgularıyla da birlikte gelecektir;

- Faaliyetlerin artması,
- Trafik yoğunluğunda düşüş ve aynı zamanda toplu taşıma kaynaklarına faydalar,
- Trafik kazaları sonucu oluşan maddi ve manevi kayıpların düşürülmesi,
- Ulaşım da kaybedilen vaktin azalmasıyla enerji tutumunun sağlanması,
- Karbon yayılımı ve çevreye yansıtılan olumsuzlukların(kirliliğinin) azalması,
- Araçların lezyon süresinin gecikmesiyle onarım finansallarında kazanç sağlanması,
- Acil yönetim sistemlerinin verimliliğinin ve etkinliğinin artması,
- Taşıt-taşıt, taşıt-altyapı, taşıt-merkez iletişim sistemleri ile seyir süresini azaltıp ulaşım konforu sunması,
- Trafik emniyetine ve toplu muvasalaya katkı sağlayan web-mobil çalışmaları oluşumunun sağlanması,
- Kameralar, algılayıcılar gibi çalışmaların sayesinde taşıt, etraf ve altyapıya dair dataların analitik sistemle daha kolay bir yapıya bürünmesi,

- Elektrikli ve hibrit taşıtların sayısının artmasıyla birlikte akıllı yakıt, akıllı enerji tutumunun oluşması,
- Kameralardan ve ilgili benzer çalışmalardan temin edilen datalarla kamu emniyetinin sağlanması,
- Gerçek zamanlı data kaynaklı mobil çalışmalar ve hizmetlerin faydasıyla ortaya çıkan güvenilir ve anlık bildirimlerle yolcu ve taşıt yük hareketliliğinin optimum hale getirilmesi,

Tüm maddeler ve çok daha fazlasının tüm sektörler kapsamında faydası sayesinde AUS dünyada ve Türkiye’de son senelerde en göze çarpan odak konularından biri haline dönüşmüştür.[3]

2.2.AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ GENEL YAPISI

Mimari ifadesi yapılandırmaya ait açıklamaların yapıldığı, düzenin ve bileşenlerinin ifade edildiği, hangi ürünlerin bu düzen kapsamında ihtiyaç olarak kullanılacağını netleştiren çerçeve olarak tanımlanabilmektedir. Diğer karmaşık farklı düzen ve sistemlerde olduğu haliyle AUS çalışmaları için de dizayn, uygulama ve yatırım tercihi konusundaki kademelerde karar verici bir çizginin, dolayısıyla AUS yapısal organizasyonunun belirlenmesi elzemdir. AUS mimarisi, AUS projelerine uyum için gerçekleştirilen program ve planları uygulamak adına üst kademe yapısal kurguya adım atmış olup, teknik bilgiler, örgütsel, kanuni ve alışveriş konularını da içine almaktadır. AUS mimarileri global anlamda, bölgesel seviyede ya da kentler seviyesinde ya da sektörel veya sunulan tebliğe göre sağlanabilir. AUS mimarileri ile farklı çerçevedeki entegratörlerin çalışmalarına fayda sağlamakta, talep edilen uygulama performansı netleştirilebilmekte, stratejik mantıksal kurguda ifade edilmekte ve çalışmaların tek elden kontrol edilmesi, teknik takibi daha sadeleşmekte ve kullanıcıların umut ettiği daha net bir biçimde ifade edilmektedir.[2]

AUS’nin kurgulanması, net ifade edilmesi, konumlandırılması ve bağlantı kurulabilmesi için uygulanan ve ortaya koyulan AUS mimarisinde, AUS çalışmaları tarafından yapılması umulan kullanıcı çalışmaları, bu çalışmaların odak noktalarındaki entegratörlerin birbirleri arasındaki data ve enformasyon akışları net ifade edilmelidir. Daha net bir ifadeyle; AUS mimarisi, AUS’nin temel kabiliyetleri, uzmanlıkları ve AUS entegratörleri arasında hangi

informasyonların iletilmesini ortaya koymaktadır. Kullanıcı bildirileri AUS aracılığıyla sağlanan çalışmaları tanımlarken, yolculuk informasyonu iletimi, trafiğin kontrolü, informasyonsayar sistemleri üzerinden olarak ücretlerin alınması, trafiğin sebep olduğu maddi manevi kayıplar, ticari araç gruplarının kontrolü tarzında örnekler bu kapsama dahil edilebilir. Variyetler ise TYM, toplu ulaşım taşıtları gibi kullanıma sunulan hizmetlerin fiziksel ortamlar ile AUS çalışmaları ile iletişim halinde olan kullanıcılar veya mekanizma uzmanlarıdır. GPS (Global Positioning System – Uluslararası Lokasyon Sistemi) AUS olmamakla birlikte ilgili çerçevede enformasyon sağlayan diğer mekanizmalar da varyet olarak düşünülmektedir. İnfomasyon ve data akışları erişim sağlayıcılara hizmetleri ile varyetleri mekanizmaya bağlayan maddeler olarak bu çerçevede hizmet vermektedir. Buna bir örnek olarak; elektronik bir fiyatlandırma olarak 22 toplama mekanizması, fiziksel varyeti olan motorlu taşıttan ilgili fiyatlandırma üzerinden toplanır ve sonrasında merkezi bir değerlendirme mekanizmasına doğru gerçekleşen bir data paylaşımı olmadan vazife göremez. AUS çalışmaları oluşturduğu asıl ücret, ulaştırma mekanizmaları konusunda informasyonun birleştirilmesi, analitik olarak değerlendirilmesi ve doğru paylaşım ile yeteneğine bağlıdır. Her ne kadar bazı informasyonlar yazılı kaynaklarda veya ses teknolojilerinde paylaşımı yapılsa da datanın somut bir şekilde iletilmesi günümüzde bağlantılı veya bağlantısız iletişim mekanizmaları aracılığıyla yapılmaktadır. Geniş boyutta informasyon ve haberleşme teknolojileri kullanılan her türlü mekanizmadaki gibi AUS da sağlanan uyum, esnekleştirme, bütünsel ilerleme, bağlantı adaptasyonu kurma ve standardizasyon gibi yetenekleri bünyesinde bulundurmak zorundadır. Burada eşlenik ile ifade edilmek istenen, mekanizmada yer alan yazılım veya fiziksel bileşenlerinin değiştirilmesi durumunda mekanizmanın çalışmayı sürdürebilme yeteneğidir. Entegratörler arasındaki kullanıcı ara yüzleri ve yapısal yeteneklerin açık ve güvenilir bir şekilde mekanizma mimarisi içerisinde net bir şekilde ifade edilmiş olması, uyumluluğa kolaylık sağlayabilmektedir. Genişletebilme yeteneği mekanizmanın daha fazla iş sürecini gerçekleştirmek, ek lokasyonlarda çalışmak ya da ilave edilen yeni hizmet tanımlarını başarıyla gerçekleştirmek için geliştirilmeye uygun olmasını net olarak açıklamaktır. Bütünsel çalışabilme de 2 ayrı mekanizmanın birbirlerinin çalışmasını önleyen bütünsel çalışabilecek şekilde entegre olabilme yeteneği manasını taşımakla birlikte, tek iletişim sağlayıcı tarafından 1’den fazla mekanizmanın kullanımının yanı sıra farklı ülkeler ya da iletişim sağlayıcılar tarafından 1’den fazla mekanizmanın kullanımında önemli bir teşkil oluşturabilecek bir tanımdır. Akıllı soketleri işleme alan otoyol ve otopark gibi ücret tahsilatı yapan

mekanizmaların tek sistemde bütünselleştirilmesi aynı uyum maddelerine uygun olarak tekamül etmesi ve bir soket ile tüm ödeme adımlarının doğru ilerlemesi, bu tür mekanizmaların birlikte çalışabilme yeteneklerini genişletmesi için iyi bir örnek olarak sunulmaktadır.[3]

Bağlantı uyumluluğu da 1'den fazla mekanizmanın karşılıklı olarak entegre olabilmesi ve uyumlaştırılması anlamına gelmekte, özellikle kurgulama sürecinin başından itibaren 1'den çok tatbiki sunmak üzere bağlı bir mekanizmanın kurulması her 1 tatbikin ayrı ayrı sürdürülmesine nazaran vakit, verilen çaba ve finansal açısından pozitif etki oluşturmaktadır. Data modellerinin, grafiklerinin ve çalışabilirliğin güvenilir bir şekilde ortaya çıkarılması da belirli normlar ile gerçekleşmektedir.[4]

Diğer yapılanmalara nazaran denetim bazlı mekanizmalar olmasından dolayı AUS yapısını netleştirmek; geniş boyutlu katılım ihtiyacı oluşturan bir sürece sahip olduğunu gösterir. Bunun temel sebebi ise; bu tür mekanizmalar, inşaat, teknoloji, iletişim teknolojileri ve informasyonsayar disiplinleri gibi farklı konularda ortak çalışması sonucunda ortaya çıkmaktadır.

AUS için bir mimari oluşturmanın ulusal ya da bölgesel AUS vizyonu oluşturulmasına yardımcı olması, bir ülkenin planlanan AUS çalışmalarının ana bileşenlerinin ve bu bileşenler arasındaki grafiklerin netleştirilmesiyle bu mekanizmaların geliştirilmesinin hangi norma yerleşeceği benzeri katkıları yer almaktadır. Üst düzeyde bir yapılaşmanın halihazırda bulunması, bir ülkenin güncel AUS tatbiki güncellemek istediği vakit referans olunması bakımından kritiktir.

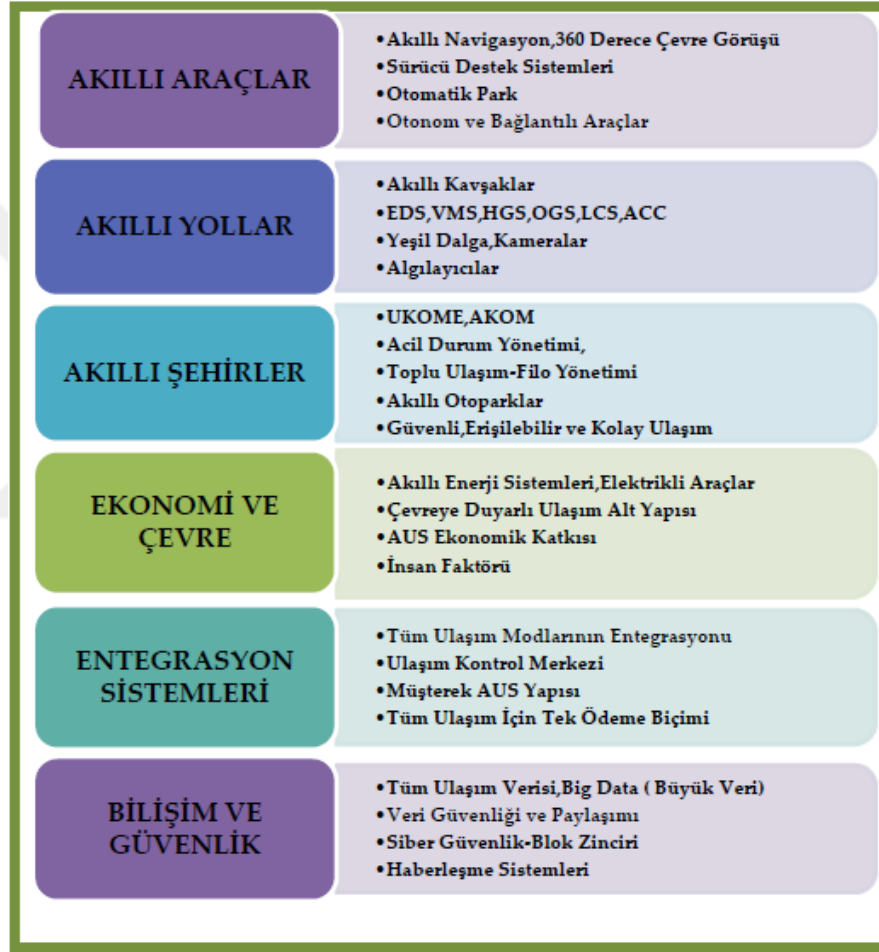
Global bir AUS yapısını oluşturma süreci, yapının final durumu kadar kritik seviyede olmakla birlikte, planlayıcıların ve karar destek noktalarının ülkenin AUS çalışmalarına içermesi gereken varyetlerin tamamını bütünsel olarak 360 derece dikkat edilmesini gerektirir.

Ülkenin her lokasyonundaki iş bütünüün parçası olarak ihtiyaçlarının ve stratejilerinin göz önüne alınarak bu prosesin sürdürülmesi, daha dinamik ve konforlu bir yapıya sahip olunmasını destekleyecek, ek olarak da AUS'nin tüm çevrelere yayılması anlamında politik ve finansal desteklerle bu bütünüün parçaları olarak prosese ortak katkılarını gösterecektir.

Tüm dünya özelindeki gelişmişlik alt taban seviyesini aşmış ülkeler, AUS yapısı oluşturmak için projeler başlatmış; ilk olarak ABD, AB ülkeleri, Güney Kore gibi özellikle de 90'lı

senelerde oluşturduğu yapıların diğer ülkelerce örnek teşkil ettiği farkedilmiştir. Ayrıca, 1992 senesinde kuruluşu olan UST TC204 AUS Teknik Komitesi aracılığı ile AUS yapısını netleştirmek için bir proje ekibi kurulmuştur.

Bu porje ekibi aracılığıyla ISO 14813 numaralı yapısıyla ifade edilen AUS yapısı, komplike bir yapıyı yansıtmadığını için diğer AUS yapıları için en temeli yapıyı teşkil etmiş olup, kullanıcı faaliyetlerinin bir arada olduğu bir yapıdır.[4]



Şekil 2Hata! Burada görünmesini istediğiniz metne 0 uygulamak için Giriş sekmesini kullanın..**4. Mevcut ve Gelecek AUS Çalışmaları [10]**

2.3.AUS VE OTOYOL DENETİMİ

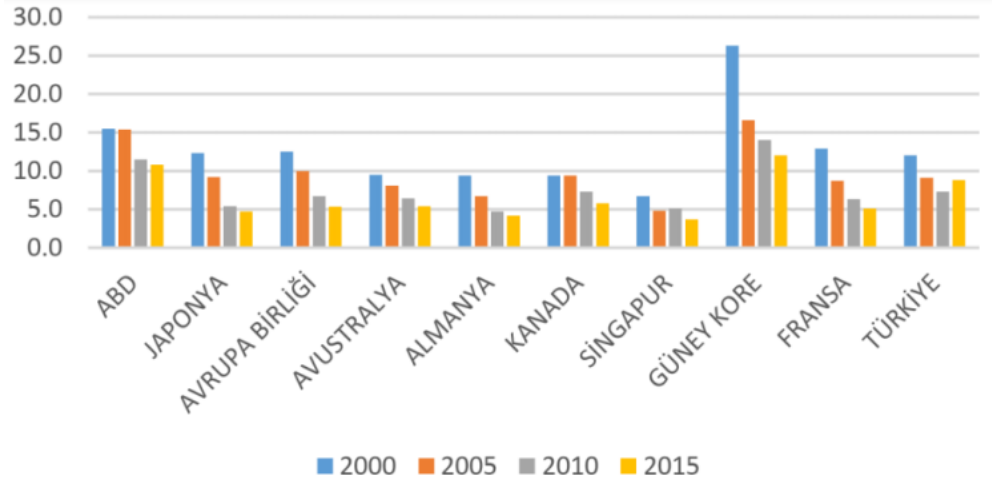
Otoyol katılımının denetimi, otoyola eklenen trafik debisinin düzenlenmesiyle trafik emniyeti ve hareketlilikte düzeltmeler gündeme gelmektedir. Otoyola trafik debisi denetimi sinyalle

yapılmakta ve bu sayede otoyol trafik debisi optimum seviyeye getirilerek trafik akışında yaşanan hataları en alt seviyeye düşürmektedir. Twin City kentinde 420 kavşakta otoyol eklenti kontrolü yapılmış olup ve 7 haftalık süre zarfında otoyol eklenti denetimi işlevinden yoksun bırakılarak kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen projelerin finali raporunda;

- Katılım denetiminin yapılmasıyla otoyollardaki trafik debisi yüzde 10 oranında düşmüştür,
- Otoyolda yapılan hız yüzde 15 oranında düşmüş ve yolculuk süreleri artmıştır,
- Otoyol ve eklenti lokasyonlarındaki trafik kazalarında yüzde 25 oranında yükselme meydana gelmiştir.[5]

YIL	ABD	JAPONYA	AVRUPA BİRLİĞİ	AVUSTRALYA	ALMANYA	KANADA	SINGAPUR	GÜNEY KORE	FRANSA	TÜRKİYE
2000	15,5	12,3	12,5	9,5	9,4	9,4	6,7	26,3	12,9	12,0
2005	15,4	9,2	10,0	8,1	6,7	9,4	4,8	16,6	8,7	9,1
2010	11,5	5,4	6,7	6,4	4,7	7,3	5,1	14,0	6,3	7,3
2015	10,8	4,7	5,4	5,4	4,2	5,8	3,7	12,0	5,1	8,8

Tablo 2.1. AUS & Gelişen Ülkelerin Kaza Oranları [8]



Şekil 2.5. Ülkelerin Sene Bazında Kaza Karşılaştırma Oranları [8]

2.3.1. Kontrollü Şerit Çalışması

Kontrollü şerit çalışmaları varolan otoyol hacmini en üst düzeyde kullanmak maksadıyla dizayn edilmiştir. Kontrollü şerit, yüksek hacimli araçların ücret ödemeksizin özgür veya diğer taşıtların ücreti tekabülünde kullanmalarına müsaade eden yol ayrımlarıdır. Şeritlerdeki ücret, kontrollü şerit hizmet seviyesini net bir değerin üzerinde tutan farklı fiyat çalışmaları ile kontrol edilmektedir. Hizmet seviyesinin azalmasına eş bir şekilde şerit kullanım ücreti yükseltilmektedir.[6]

2.3.2. Akıllı Karayolu Projelendirmesi

Alanı akıllı karayolu projelendirmesi, karayolu çalışması olan lokasyonlardaki trafik informasyonlarını kollektif bir şekilde ve sürücülere eş vakitli bir şekilde iletmektedir. Son senelerde söz konusu mekanizmalar karayolu projelendirmesi olan lokasyonlarda gezici bir şekilde uygulanmakta ve karayolu proje çalışması olan lokasyonlarda trafik debisi, araç hareketliliği ve trafik emniyeti gözlemlenmektedir.[6]

2.3.3. Yol - Hava Durumu Brifing Mekanizması

Yol hava durumu birifing mekanizması, hava durumu informasyonları bir araya getiren alıcılardan alınan dataların haberleşme mekanizmaları kullanılarak santra sisteme iletilmesi ve

işlenmesinin sonrasında yol onarımından sorumlu kurumların ve kullanıcılara brifing sağlanmasını kapsamaktadır. Örneğin; Utah ADVISE alarm mekanizması L-216 karayolu özelinde 4,5 km gözlemlenmiştir. ADVISE sayesinde araçların ortalama süratlerinin standart sapması yüzde 21 düşmüştür. Almanya’da yapılan çalışmada sürücülere alarm üretilmesiyle araç süratleri 9-11 km/sa düşmüştür.[6]

2.3.4.Acil Taşıt Sıralandırma Mekanizması

Acil taşıt sıralandırma mekanizması, acil taşıtların rotası üzerindeki trafik ışıkları acil taşıtların kavşaklarda sıralama bakımından daha ayrıcalıklı olması veya durmadan geçişini olanak tanımaktadır. Acil taşıt öncelik mekanizmasının projelendirmesinde temel hedef; acil taşıt müdahale mühletini ve acil durum taşıtlarının karıştığı kaza oranını düşürmektedir. St Paul, Minnesota’da 1970 senesinde 29 tane acil taşıt sıralandırma mekanizması çalışması yapılmış ve 1970 ile 1977 senelerinde acil durum taşıtlarının müdahil olduğu kazalar yüzde 71,8 oranında düşmüştür.[6]

2.3.5. Sinyal Denetim Mekanizması

Sinyal denetim mekanizmalarında yapılan onarımlar en önemli ve efektif AUS çalışması olup, aplikasyon maliyeti çok geniş bir makasta değişkenlik göstermektedir. Düşük bütçeyle sinyal zamanlamasının optimum hale getirilmesi veya yüksek bütçeyle sinyalizasyon mekanizmasını hayata geçirerek de onarım olağandır. University of California’da gerçekleştirilen bir projede, varolan sinyalizasyon aralıklarının optimum seviyeye ulaşması, sinyal entegrasyonu ve trafik iletişimli sinyal denetim metotları denenmiştir. Makroskopik özdeşim modeliyle yapılan, koordinasyonu sinyal mekanizması sinyallerin optimize edilmesi, yolculuk sürelerinde yüzde 8,7; gecikmelerde yüzde 12,8 ve yakıt tüketiminde de yüzde 8,8’lik düşüşe olanak tanımıştır.[6]

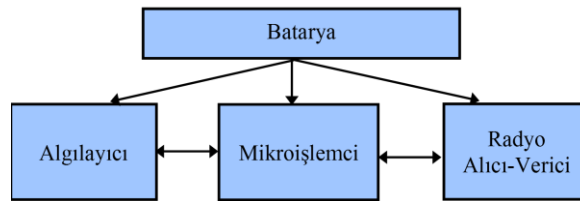
2.3.6. Yol Kullanıcı Brifing Mekanizması

AUS, yol bağlantı sistemleri üstünde oluşan durumlar veya standart olarak yol bağlantı sistemlerinin trafik rutini hakkında sürücülere brifing verilmesini içermektedir. Mekanizmanın kullanılmasındaki kritik konu iletilen informasyonun sürücülere eriştirilme yüzdesel oranı ve

erişim sağlanan sürücülerin ne kadarlık bölümü iletilen informasyonu net ve güvenilir bir şekilde aldığıdır. Araştırmacılar gerçekleştirdiği çalışmalara istinaden; yol üstünde ileride gerçekleşen kaza sonucunda ortaya çıkan trafik sıkışıklığı olması halinde yol kullanıcılarının yüzde 60-70'inin farklı güzergah üzerinden ilerleyeceği saptanmıştır. Avrupa'da gerçekleştirilen araştırmalardaysa dinamik bilgilendirmelerde sürücülerin sadece yüzde 28-45 oranında bu duruma riayet ettiği tespit edilmiştir.[7]

2.3.7.Kablosuz Algılayıcılar ve Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti(IoT) tanımına yeni perspektifte bakmak tam yerinde yapılacak bir işlem olmayacaktır. Bu yapıyı daha iyi özümsemek için fiziksel gereksinimler duymadan kapsamlı algılayıcı ağlar (KAA) kalıbını tekrar incelemek çalışmaya katkı sağlayacaktır. KAA'lar sayıldığında 1'den fazla tanımlayıcı sensör ismindeki minik mimarilerin kolektif tetikleyicilik halinde belirli bölgedeki bir informasyonu belirleyip ana bir istasyona iletmesinden oluşmaktadır. İletim sensörleri kısıtlı olarak dizayn edilip içerisinde algılayıcılar, birbirleriyle iletişim sağlamak adına kablosuz iletişim modülleri ve bütün prosesi kontrol altına alan bir işlemciden ibarettir. Bu mimari ebat olarak küçük ve minimal enerji tüketecek biçimde dizayn edilmiştir. Piyasada farklı organizasyonlara ait birçok sensör bileşeni bulunmaktadır. Aplikasyon ihtiyaçlarına bağlı olarak, mevcut sensörleri kullanabilir veya yeni sensörler dizayn edilebilir. Bu mimari aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.[7]



Şekil 2.6. Tipik Algılayıcı Düğüm [7]

KAA'nın geniş bir kullanım alanı vardır. Çevreden teknolojiye, inşaattan ve sağlığa kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Örneğin, bir tesisteki sıcaklık veya nem informasyonlarının düğüm bazında toplanması ve ana istasyonda izlenmesi popüler bir uygulamadır. Ancak, kısa mesafeli iletişim, sınırlı enerji kaynağı ve yetersiz depolama alanı gibi sınırlı sensör kaynakları, gerçek hayatta KAA kullanımını sınırlar. Bir noktadan alınan informasyonların bir ana

istasyona doğru bir şekilde iletilmesinde birçok farklı zorluk vardır. Nesnelerin interneti yapısından farkı, sensör tarafından alınan informasyonların internete iletilmesi ve birçok zorluğun ortadan kaldırılması ve internete bağlı olan herhangi bir noktadan alınmasıdır. İnfomasyon erişimi verildi. Radyo alıcı-vericisini bir Wi-Fi veya GSM modülü ile değiştirin ve aslında bir Nesnelerin İnterneti mimarisi oluşturan Şekil 6'da gösterilen yapı aracılığıyla İnternet erişimi sağlayın. Bu sayede sensörler tarafından yakalanan informasyonlar internet üzerinde bulut bilişimde depolanmakta ve uzaktan analiz edilebilmektedir.

Endüstri 4.0 devriminin makinelerinin internet üzerinden birbirleriyle haberleşiyor olması, Nesnelerin İnterneti kavramını bu devrimin anahtarı haline getiriyor. Endüstri 4.0 devrimi ile IoT mimarisinin giderek daha popüler hale gelmesi, etkileşim halindeki makineler, yeniden adlandırılan akıl kullanan herhangi bir nesne veya sistem dışında etrafımızdaki tüm nesnelerle temas kurma fikrine ilham verdi. Örneğin akıllı bir buzdolabı, gelecekte hangi ürünlerin tükeneceğini veya ne zaman tüketileceğini tahmin edebilir ve çalışırken internet üzerinden infomasyon sağlayabilir. Daha uç bir örnek vermek gerekirse, akıllı sürücüsüz otonom ticari taksiler üretiliyor. İnsanlar internet üzerinden araç getirebiliyor, gideceği yere gönderiyor ve internet üzerinden tekrar finansal işlemlerini gerçekleştiriyor. Buna benzer pek çok işlem daha yakında hazır olarak hayatımıza girecek. Kısacası, Şekil 6'da gösterildiği gibi, yakın gelecekte etrafımızdaki tüm nesneler internet üzerinden etkileşime girecek.[7]

2.4. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE AUS

Türkiye'de kullanılan akıllı ulaşım sistemlerinin çalışmaları genellikle yolcu infomasyon sistemleri, trafik yönetim sistemleri, toplu taşıma sistemleri, elektronik ödeme sistemleri, yük ve araç topluluğu yönetim mekanizmaları, sürücü güvenlik ve destek sistemleri, acil durum ve acil durum sistemleri, demiryolları ve başlıca kendi stratejilerini içerir. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Eylem Planı(2015), AUS'ni ülke çapında planlamak ve entegre etmek, küresel olarak rekabetçi bir AUS departmanı oluşturmak ve ulusal düzeyde genişleme yoluyla ulusal ve uluslararası ihtiyaçlara dayalı idari ve teknik mevzuatı formüle eder. Engellilerin otomobillere ve ulaşım hizmetlerine erişimini teşvik eden, trafik güvenliğini ve hareketliliğini iyileştirmek için otomobillerde ve ulaşımında elektronik yakıt tüketimini azaltmasını sağlar. AUS'nin 2023 vizyonu; bilgi ve iletişim teknolojisi tüm ulaşım hizmetlerine uygulanabilir hale gelmesidir. Bu durumda AUS uygulamalarına karşı önemli bir yatırım atağı yapılmıştır. Ulaşım yatırımları açısından Türkiye ekonomisinin kazanımlarını özetlemek için 2016 Ulaştırmaya

yapılan toplam yatırım bir önceki yıla göre yüzde 79 artarak 15,7 milyara ulaştı. İşletmecilerle birlikte bu sektöre yapılan toplam yatırım yüzde 4,5 artışla 16 milyar lirayı aştı. 2016 yılında yatırım planı, ulaşım 0,67 milyar lira ile sektör en büyük payı aldı. 1675 yaşındaki nüfus genişbant internet erişimini kullanma imkanına sahip. Bunda faaliyet gösteren şirketlerin bir önceki yıla göre yıllık net satışları 2015 yılında mobil şebeke operatörlerinin toplam yatırımı yaklaşık 17 milyar TL ile yüzde 9,5 yükseliş olmuştur.[8]

2.4.1. AUS Mevduatları

Ulaşım ve ulaştırma fizibilite maliyetleri hem kendini ileri seviyeye taşımış hem de gelişmekte olan ülkeler açısından finansal kabiliyetlerinde kritik kalemlerin en tepesinde bulunmaktadır. Ulaşım mevduatlarının bir alt kademe kavramında AUS mevduatları da sürekli artan hacmi kapsamaktadır. Gelişmiş ülkelerin AUS'le özelinde mevduat amaçları ve ümit edilen projenin ileri safhalarında bulunmaktadır. ABD Ulaştırma Bakanlığı datalarına ilişkin olarak; ABD'de AUS'ni merceği altına almış 4000 firmanın 2010 yılı için 50 milyar Dolar finansal pozitif endekste olduğu ve 450 bin kişilik istihdam yaratılmıştır. AUS'nin 2020 yılına kadar 27-40 milyar dolarlık Pazar büyümesine erişimi umulmaktadır. Avrupa'da en fazla trafik sıkışıklığı ve yoğunluğu olan ülkelerin başında İngiltere gelmektedir. Bundan dolayı, üstlenilen finansal yükün İngiltere açısından yaklaşık 22 milyar Pound olduğu düşünülmektedir. AUS'ne yapılan mevduatların sürekli yükseliş göstermesiyle beraber kamusal yolculuk ve ulaşım standartının daha ileri seviyeye ulaşması sağlanırken, buna ek olarak da finansal yükü daha fazla olan ulaşım fizibilite mevduatlarından tutum sağlanmakta ve devlet yöneticilerinin kamusal yönetiminde fayda sağlamasına olanak sağlayacaktır. İngiltere'de hayata geçirilen trafik endeksli fiyatlama ve ücretlendirme işlemi sonrasında toplu taşıma kullanımları yüzde 7 artmıştır, buna istinaden de yol trafik yoğunluğunda yüzde 21'lik azalış meydana gelmiştir. İsveç'te hayata geçirilen trafik yoğunluğuna endekli vergi alım işlemi sonrasında yüzde 21 iyileştirme yakalanırken, yolculuk süreleri de bir hayli azalmıştır. Almanya'da uzaklık endekli trafik ücretlendirme çalışmasının sağladığı imkan doğrultusunda 2011 yılı için 5 milyon Euro gelir eldesi sağlanarak taşıtlardan kaynaklanan kitlesel kirlenmede düşüş yaşanmıştır. Trafik olmaksızın oluşturulan şehrsel düşük seviye observe lokasyonlarının varlığı ve çevreye verilen kirlilikte düşüş yaşanırken sağlık konusunda da pek çok katkısı olmuştur. Mobil haberleşme mekanizmaları gelişim sağlamış haritalandırma çalışmalarının taşıt mekanizmalarına konumlandırılması sayesinde İngiltere'de senelik yüzde 15 enerji ya da 3 milyon varillik yakıt kazancı eldesi

olacaktır. Akıllı otoyolların kurgulanması emniyetin sağlanması ve tarif hacminin genişlemesini sağlayacaktır. Akıllı otoyolların yapılandırılmasından sonra devam eden 3 senelik süreçte pilot aplikasyonda sürat sınırının mecburi olduğu 4 şeritli otoyolda 30 günlük süre içinde kaza oranı yaklaşık yüzde 6'dan yüzde 2,30'a inerken toplamda yüzde 57'lik bir düşüş kazancı sağlanmıştır. Buna paralel olarak trafik sıkışıklarının yaşanması durumunda yolculuk süresinde yüzde 17'lik bir düşüş sağlanarak yolculuk sürelerinin net ve tahminlenebilir olarak ortaya koyulmasına olanak sağlanmıştır. Ek olarak; ses kirliliğinde yüzde 2.2 desibel oranında düşüş yakalanmıştır. Karbon ve karbondioksit yayılımları yüzde 5 düşerken enerji bakımından da kazanç sağlanmıştır. Eş zamanlı bir şekilde bu tesirle beraber kullanıcıların stres seviyeleri düşerken, trafik ile alakalı yakınmalar da ciddi oranda azalma sağlanmış ve kullanıcı tatmin seviyesinde aynı oranda artış meydana gelmiştir. Etkili bir ulaştırma mekanizmasının kurum ve kullanıcılar açısından hem maddi hem de zamansal anlamda kazanç ortaya çıkarırken, sektörel yarışın sağladığı finansal bütçe genişlemesinin de faydalarından yararlanacaktır. Sayısal datalar ulaştırma kapsamındaki taleplerin büyümesi finansal artış uygulamaları ile eşlenik olarak büyümesi dikkat çekmiştir. ABD'de Gayri safi milli hasıla, iş alanlarının oluşturulması ve masraflar konusunda ulaştırma ve ulaşım mevduatlarının kritik bir noktası olduğu tespit edilmiştir. Ulaşımın zaman kazancı bakımından gerçekleştirilen stratejik kurgunun bazı eyaletler için kurulan organizasyon sonrası 28 milyar dolarlık kazanç gün yüzüne çıkaracaktır. Bu stratejik kurgu sayesinde hem finansal artış hem de istihdam oluşturulacağı, vatandaşların da bireysel kazançlarının yükseleceği öngörülmektedir. 2008–2030 seneleri arasında 80 milyarlık milli gelir artışı ile 60 milyarlık bireysel gelir yükselişi sağlanması öngörülmektedir. Manchester Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen çalışmada, trafik kazalarında %35'lik düşüşün yılda 45 kişi daha az can kaybı ve ortalama süratin saatte 8,8 km/saat'ten 20 km/saat'lik fayda getirecektir. Teknolojinin gelişimi oldukça maliyetlidir. Otonom taşıtlar sensörlerle haberleşmeyi sağlanması umulmakta ve trafik ışıkları, trafik kontrol mekanizmaları ve haberleşme bağlantısı, yol simgeleme bağlantısıyla kent çevresinin kontrol edilmesi, trafik debisi ve taşıt duraksamaları kontrol edilmektedir. Başka bir araştırmaya göre; 2011–2019 dönemi için dünya genelinde 120 milyar dolarlık akıllı şehir fizibilite mevduatı yapılması ön görülmüştür ve bu mevduat 126 milyar dolara erişmiştir. 29 milyarlık bölümü dijital mekanizmalar ve akıllı ulaştırma çözümleri özelinde fizibilitelerini kapsamaktadır. 2010 senesi AUS yenilikçilik topluluğu ve Teknoloji Strateji Kurulu tespiti; yüzde 6'lık yolculuk zamanının düşürülmesi firmalar için 2,6 milyar

sterlinlik kazanç sağlarken milli getirinin yüzde 0,3'ünün kazancına olanak tanıyacaktır. Londra'da trafik ve yol kapalılığının çözümlenmesi milli getirinin 6-7 milyar sterlinlik bölümünü kapsamaktadır. Eğer ihtiyaç olan tedbirler yerine getirilmezse trafik kapanıklıkları 2024 yılına kadar 21 milyar sterlinlik ek maliyet oluşturacaktır.[8]

2.4.2. Gelişmiş Ülkelerde AUS Uygulamaları

AB'ye bağlı gelişmiş ülkelerde aplike edilen yalın AUS aracılığı sayesinde maddi katkıların varlığı her zaman var olacaktır. Yalın akıllı taşıtlarla Avrupa'nın kritik kentlerinde uygulanan özgürlük artışı ve maddi katkılar da buna ek olarak verilebilir. Kısıtlı giriş çalışması; bu aplikasyon sayesinde belirli taşıtların belirli zaman aralıklarında geçişine izin verilmemektedir. En yoğun zaman aralıklarında kentlere giriş engeli, ağır vasıtaların engellenmesi, çevre dostu taşıtlar çalışmalar gerçekleştirebilmektedir. Ancak stratejik ve ticari endişeler tatbiğinde mani bir durumu oluşturmaktadır. Genel itibariyle, netleştirilen zaman aralıklarında trafik sıkışıklığında düşüş, toplu taşıma ve daha küçük çaplı bireysel araçların sayısal artışı ve sayede toplu ulaşım araçlarının süratinin artması, ağır vasıta sayısında azalma, çevre dostu, ses kirliliğinde azalış, cezalara yönelik devletin maddi kazanımı, tarihi yapıların korunması vatandaşlardan yüzde 79 gibi büyük oranda olumlu karşılanması, yaya emniyeti ve rahatlığında pozitif etki gibi faydalar ortaya koymaktadır. Bir örnek ile açıklamak gerekirse; İtalya'nın Brescia kentinde vakit kısıtlama çalışması ile 5.000 işetmeyi içine alan kent merkezinde yük dağıtımı engellenmiştir. Dağıtıcı ağır vasıtalarda yüzde 19, kamyonlarda 13,5 ve tırlarda yüzde 3,5 düşüş gözlemlenmiştir. Romanya'nın ünlü kenti Lasi'de ise; acele trafik düşüşü ve lokasyonun yayalara yardımcı olmasına gerek görülmüştür. Sıkı önlemler sayesinde yoğun zaman aralıklarında kent merkezinde yüzde 91 oranında taşıt sayısında düşüş gözlemlenmiştir. Karbon, azot ve ses kirliliğinde de düşüş tespit edilmiştir. Yol fiyatlandırmasında; genellikle insan popülasyonu 500.000'den fazla olan kentlerde tatbik edilmektedir. Yoğun zaman aralıklarında yüksek fiyatlama yapılarak; akıllı ulaşım sistemleri gözleme ve hangi taşıtların ödeme işlemini gerçekleştirdiği raporize edilebilmektedir. Geçit veya geniş birimlerden geçilmesinde uygulanmakta olan geçilen kilometrelerde düşüşün olması, trafik sıkışıklıklarında yüzde 21-32 düşüşle birlikte, bisiklet ya da toplu ulaşım araçlarına da yönlendirmek, karbondioksit ve çeşitli emilim işlemlerinde yüzde 11'lik düşüş, çevre dostlu olması ve ses kirliliğinin düşmesi, finansal gelirlerdeki yükseliş, taşıt ve yayalarda oluşan maddi manevi kayıplarda düşüşler tespit edilmiştir. Norveç'in Oslo kentinde tatbik ile enerji harcaması yüzde

35 düşmüştür. İngiltere’de trafik sıkışıklığının fiyatlandırılmasıyla ana birimlerde trafik seviyesinde 2014’ten 2004 yılına istinaden yüzde 10 düşüş görülmüştür. 2013 yılında 2003 yılına istinaden taşıt kilometresi yüzde 12 düşmüştür. Ek olarak taşıt kazalarında yüzde 29, yaya kazalarında yüzde 7 düşüş gözlemlenmiştir. 2008’de İngiltere’de sıkışıklık fiyatlandırması kritik 100 milyon avro maliyete neden olurken, 212 milyon avro gelir sağlamıştır. Net gelirse 124 milyon avroya ulaşmıştır. Yol şerit kontrolüyle toplu ulaşım taşıtlarının zamana uyum ve emniyetliliğinde yükseliş, kayba uğrayan taşıt zamanlamasında düşüş, trafik debisine faydasıyla birlikte, toplu ulaşım aracı tercihlerinde yükselişe bağlı enerji tasarrufu, trafiğin düzgün bir forma girmesine ilişkin ses kirliliği ve çevreye olan zararlarda düşüş, fizibilite ihtiyacına olmadan, sürücüler tarafından tercih edilmesi, maddi manevi zarar olasılığını düşürmesi gibi trafik emniyetine pozitif katkı sağlayacak şekilde bir form içinde olmuştur. Başka bir örnekle; İtalya’nın Cenova kentinde izleme ve alarm üreten simgelerden oluşan yönetim mekanizması sayesinde, toplu taşıma araçlarından olan otobüslerin kendine ait yol bölümleri tarafından tercih edildiği görülmüştür. İzleme taşıtları aracılığıyla, 2008 senesinde kanun dışı otobüs yol şeritlerinde terichler yüzde 72 düşmüştür. Bahsi geçen bu konu şerit tercihlerinin etkinliğini ve toplu ulaşım olan pozitif yaklaşımı ilerletmiştir. Sürücülerin tercih yüzdesi yüzde 64 çıkmıştır. Toplu ulaşımlarda sıralamada öne çıkma ise toplu ulaşımı tercih edenlerin yolculuk zamanlamasının yüzde 4-17 oranında düşmesi, toplu ulaşım yolculuk süratinde yükseliş, toplu ulaşım taşıtlarının trafik lambalarında bekleme zamanlamasında düşüş, toplu taşıtların zamanlamasında pozitif gelişme, otobüslerin enerji sarfiyatında düşüş, karbondioksit emiliminde düşüş, toplu ulaşım olan taleplerde yükselişine paralel olarak finansal gelir hacmi genişlemesi, toplu ulaşım taşıtlarında sayısal düşüş ve yüzde 71’den fazla tercih eden kişiler tarafından büyük oranda tercih edilme durumu tespit edilmiştir. Fransa’nın Nice şehrinin tamamı ile bağlantılı olan bir trafik mekanizması hedeflenmiştir. Bu tatbikleme toplu ulaşım taşıtlarının trafik lambalarında bekleme yüzdesini yüzde 53 düşürmüştür. İsveç’te 43 trafik ışığında kullanılan bu trafik mekanizması sayesinde 11 dakikada bir olan toplu taşıma aracı geçme yoğunluk oranı 7.7 dakikaya gerilemiştir. Zamana uyumlulukta ise yükseliş gözlemlenmiştir. (Kent merkezinde yüzde 3, kent dışı ulaşımında yüzde 5 yükseliş tespit edilmiştir.) Estonya’da toplu taşımalara sıramala önceliği sağlayan mekanizmanın yerleştirilmesi ile oberve işlemlerinde düşüş tespit edilmiştir. Bu partilüller detaylı incelendiğinde; yüzde -32,4, azot: yüzde -21, karbon: yüzde -27, karbondioksit: yüzde -4,2) Trafik işareti yönetimiyle kavşaklarda etkin ve emniyetli trafik debisi yönetimi, trafik debisinin

hakkında informasyon sunarak etkili bir şekilde trafiğin kontrol edilmesine olanak tanır. (En yüksek seviyede olduğunda yolculuk süresinde yüzde 11 düşüş sağlayarak etkili ve doğru formda trafik ile trafik sıkışıklığının önüne geçilmektedir. Avrupa Briliği ülkelerinde yüzde 6-21 ortalama sürat artışına olanak tanındığı gözlemlenmiştir. Daha efektif taşıt kullanımı ve doğru formda trafik yönetimiyle yüzde 3 ve yüzde 11 oranında karbondioksit observasyonunu düşürmektedir. Enerji sarfiyatında düşüş sağlarken ve de bağlantı kullanımında arka plan çalışmalarında efektifliği yükseltmektedir. Bu durum taze ek yol bakım, onarım ve gereksiniminin tamamen yok edilmesine de olanak tanır. Danimarka'da otonom trafik simge kontrol mekanizması en kapalı yollar içinden bir tanesinde kullanılmıştır. Bu işlem sayesinde en yoğun zaman aralıklarında yolculuk zamanlamasında yüzde 9,5 düşüş gözlemlenirken; yüzde 3,5 enerji sarfiyatında düşüş gerçekleşecei ön görülmüştür. Park kullanım yönergesi sayesinde trafik sıkışıklığında düşüş ve ortalama sürat artışı gözlemlenirken, sürülen yol kilometre uzunluğunda düşüşle beraber kente girişlerde daha fazla konfor olanağı vermektedir. Park tercihi ve kullanımı hacimlerinde daha efektif ve etkin kullanım, boş bölümlere daha erken zamanda ulaşım olanağı, park olanağı sunulmayan lokasyonlara park yapılmanın önüne geçilmesi, park etme davranışlarında değişim, temiz hava kalitesinde küçükde olsa artış imkanı sağlamaktadır. Ayrıca uygulaması çok basit ve insanlar tarafından kolayca anlaşılabilir, bu da onu daha popüler hale getirir. Örneğin İtalya'nın Monza şehrinde Formula 1 yarışına katılmak için 1400 kişi geldiğinde bir otopark rehberi uygulandı. Otopark bilgilerindeki bilgilerin emniyetli olması, taşıtların garaja doğru şekilde tahsis edilmesini sağlar. Yolculuk ve ulaşım informasyonları; trafik sıkışıklığını azaltmak, toplu taşımaya yöneltmek, trafik kontrolünü iyileştirmek, toplu ulaşım zamanlamasını azaltmak, temiz enerjiyi yükseltmek, emniyetli hizmetlerle düşük maliyetle ilerlemek, farkındalığın yüksek olması ve onayı, toplu ulaşım yolcu debisi daha yüksek, İtalya'da 11 kritik duraktan yolculardan enformasyon alındı, elektronik otobüs durma noktalarının finansal götürüsü 218.000 avro toplu ulaşım gideri ise yüzde 5.1 arttığı tespit edildi.[9]

2.5. AUS YAPISINDA KAVŞAK KONTROLÜ

Kavşaklar temelde çeşitli yolların birleştiği bir iletim noktasıdır ve bu sebeple seçili noktalarda trafik sıkışıklığı bazı durumlarda yüksek olabilir. Bu trafik sıkışıklığının olması trafikteki maddi manevi kayıpların da, yaşanan zararların da çoğunluğu bu lokasyonlarda oluşmaktadır. Bu

zarar ve kayıplara sebep olarak da çok fazla durum gösterilebilir. Kavşaktaki trafik işaret zamanlamalarının düzgün bir formda kurgulanması ve çalıştırılmış olması, bu kayıp ve zararların oluşmasına sebebiyet vermesi olarak söylenebilir. [10]

Kavşakların neden oldu negatif etkili diğer bir konu da zamansal olumsuzluklardır. Aynı kavşakta yolların doğru bir şekilde trafik ışığı entegresinin olmaması yollar arasında geçiş dengesizliğine sebep olabilmektedir. Örneğin; bir yolda hiç araç olmamasına rağmen geçiş hakkı bulunurken diğer bağlı yolda kırmızı ışık nedeniyle araç kuyruğu oluşmaktadır. Bu zamansal kayıplar taşıtların ve de enerji sarfiyatı olarak gereksiz kayıplara sebep olurken aynı zamanda psikolojik olarak da insanlara olumsuz etkisi olmaktadır. Kısacası hem enerji yönünden hem de insani boyutunda olumsuz bir tablo ortaya çıkmaktadır.[10]

Farklı bir yönden ise kavşaklardaki sinyalizasyon mekanizmalarında yaşanan eksiklikler, olumsuz durumlar yayaların da farklı algılamalara sebep olmasına yol açabilir. Bahsi geçen pek çok negatif durumlar gibi pek çok negatif durumun önüne geçmek için de şüphesiz bazı iyileştirme çalışmalarının yapılması da elzemdir. Konuya ilişkin iyileştirme ve düzeltmelerin tamamlanabilmesi açısından teknoloji ve bilimin doğru bir şekilde hayata geçmesi aynı şekilde kritik bir durumun içindedir. Buna neden olarak da; teknoloji ve bilimin ışığından yapılan analitik çalışmalar bu tür mekanizmaları yönetimsel olarak durumu ileri seviyeye taşımak söylenebilir. Bu sebeple teknolojinin daha iyi bir seviyeye gelmesi AUS'nin de katkılarıyla tüm bu aksaklıkların olduğu konuları en minimal hale getirmek adına uygulamalar yapılmasını gerektirmiştir. Kavşaklardaki değişik taşıt geçiş gözlem ve sayım metotlarının tercih edilmesiyle her zaman çalışmalar daha pozitif ve farklı bir konuma taşınmaktadır. [10]

Kavşak dizaynı amacıyla derlenen hem taşıtlar hem yayalar açısından taşıt gözlem ve sayım çeşitlerini belirli bir analitik mantık üzerinden iletme. Tercih edilen metotlardan; manuel kavşak yönetimi ve manuel taşıt sayımları, yol üzerine entegre edilen sensörlerin katkılarıyla uygulanan taşıt sayımları ve farklı kameralarla gerçekleştirilen taşıt sayımları gündeme alınıp güvenilirlik testleri de yapılarak belirli bir kurgu içine alınmıştır. Doğruluk ve güvenilirlik testleriyle beraber enerji sarfiyatından, zamansal kayıpların önüne geçilmesi noktasında ve yol kullanıcılarına(özellikle yayalara) sağlamış olduğu katkılar da değerlendirmeye alınmıştır. En net ve keskin nihai sonuca erişip, kavşakların zirve noktası olarak nitelendirilebileceği katkı ile uygulanabilmesi ve sistemin ilerlemesi konusunda bir takım çalışmalar gerçekleştirilmiştir.[10]

Özellikle yakın tarihi de göz önünde bulundurduğumuzda temeli trafik kökenli negatif etkilerin daha az bir zaman diliminde önüne geçilebilmesi adına standart altyapının onarımı ve bakımı, diğer bir deyimle ek şeritlerin getirilmesi, katmanlı kavşakların hayata geçirilmesi gibi hacim yükseltici çözüm önerileri sunmak ve gerçekleştirmek pek de mümkün görünmemektedir. Daha yüksek hacimli ulaşım mekanizmalarıysa fazla finansal yük ve uzun vadede sürdürülmektedir. Buna örnek olarak ise 1990'lı senelerden bu zamana kadar geçen 24 senelik süre zarfında, İstanbul'da sadece 130 kilometrelik raylı bir mekanizma yapılabilmektedir. Dünya üzerinde çok eski zamanlara dayanan raylı mekanizmalar da hacimsel olarak yerini doldurmuş, gelen istekler karşısında sıkıntı içerisine girmiştir. Bu mekanizmaların ek hacme ulaşmaları bilgi teknolojileri kontrol ve haberleşme teknolojilerini bağlantılanmalarını kapsayan AUS'nin hayata geçmesiyle mümkün kılınacaktır. Türkiye'de de son senelerde de ulaşımaya yönelik gelişimler sayesinde AUS'nin bir bütün şeklinde değerlendirilmesi ve gerçekleştirilen yatırım planlaması dahilinde kara, hava ve deniz ulaşımalarında kritik rol ve sorumluluklar olarak kayda geçmiştir. Fakat, son yıllar dahil olmak üzere yoğunlukla yolların matematiksel disiplinler kayda değer görülmüştür.

Yolların birleşim odağı olarak not düşülen kavşaklar seneler geçtikçe farklı özellikler ve türleriyle önümüze çıkmaktadır. Taşıt sayılarının yükselişe geçmesiyle beraber kavşaklardaki yoğunluğu düşürmek amacıyla farklı çözümler düşünülmüş ve hayata geçirilmiştir. Bunların en kritik seviyede olanı sinyalizasyon mekanizmasıdır. Sinyalizasyon mekanizmasının sağladığı imkan sayesinde kavşaklarda net zaman ve sırayla taşıtlara geçiş önceliği verilmektedir. Ancak zaman geçtikçe ve araç sayısında yükeliş oldukça sinyalizasyon mekanizmasında bir takım düzenleme faaliyetleri tespit edilmiştir. Sebebi ise bir kavşaktaki bağlantı yollarının tamamının trafik sıkışıklığının farklılığıyla birlikte gün içinde de farklı zaman aralıklarında farklı yollarda trafik sıkışıklığı görülebilmektedir. Bu trafik sıkışıklığının belirlenip taşıtların sayısının netleştirilmesi için farklı taşıt sayım metotları uygulanmıştır. Sayım metotları nihayetinde sinyal zamanlarıyla net bir mekanizma içinde çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu metotlarının hayata geçirilmesi kapsamında çok sayıda Avrupa ülkesinde kavşaklarda ortaya çıkan trafiğe bağlı kazalarda kritik seviyede düşüşler tespit edilmiştir. Ancak Türkiye'de düşük sayıda akıllı kavşak mekanizmalarının tatbik edilmesi nedeniyle trafik kazaları sayısı da göz ardı edilemeyecek seviyede olduğu söylenebilir.[10]

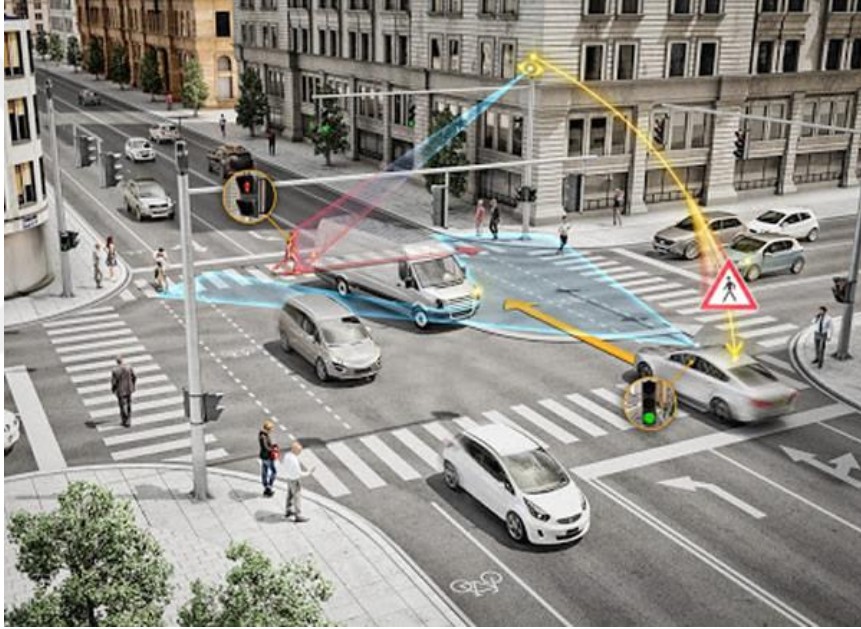
Kavşak Türü	Kaza Sayısı	Yüzde (%)
Dört Yönlü	27 754	14,99
Üç Yönlü (T)	20 569	11,11
Dönel Kavşak	10 774	5,82
Diğer Kavşak Çeşidi	6 771	3,66
Üç yönlü (Y)	4 398	2,38
KöprülÜ Kavşak	654	0,35
Kavşaksız	114 208	61,69
Toplam	185 128	100

Tablo 2.2. Kavşaklar & Sayısal – Yüzdesel Oranları [10]

Genel itibariyle 2017 senesinde gerçekleşen toplam trafik kazası 186.137'dir. Bahsi geçen kazaların da yaklaşık yüzde 41'i kavşaklarda gerçekleşmektedir. Kavşaklarda gerçekleşen kazalar gözlemlendiğinde ve analiz edildiğinde, genelde sinyalize mekanizması kapsamında kullanılan kavşaklarda(3-4 yönlü, döngülü, 3 yönlü, farklı kavşak tipleri) trafik kazaları gerçekleşme sayısının diğerlerine oranla sayıca fazlalığı tespit edilmiştir. KöprülÜ kavşakların da elzem durumlar dışında sinyalize mekanizmalı kavşak şeklinde değerlendirilmemektedir. Benzer biçimde gerçekleşme oranı en düşük olan kavşak kazaları da köprülÜ olanlarda meydana geldiği tespit edilmiştir.

Bu kapsamda kavşaklarda ortaya çıkan trafiğe bağlı kaza oranlarını düşürmeye hedefli gerçekleştirilecek projelere gerek olduğu tespit edilmektedir. Akıllı mekanizmaların kavşaklarda değerlendirilmesiyle ilgili çok sayıda proje gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple ilgili proje yapılmadan önce taşıt sayım mekanizmaları ve kavşak dizaynı hedefli gerçekleştirilen projeler değerlendirilmeye alınmıştır. Öncelikli biçimde akıllı kavşaklar kapsamında hazırlanan pilot projede, bulanık sistem kontrolü trafik sinyalizasyon sistemlerinin bir prototipi gerçekleştirilmiştir. Yazılım ve donanım kapsadının dizayn edilen pilot proje, yazılım kısmında C++ yazılım dili tercih edilmiştir. Mekanizmada model kavşak dizayn edilmiştir. Projenin nihai halinde hem geleneksel denetleyici hem de bulanık sistem kontrolü final hali

karşılıklı değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen pilot çalışmayla trafik kazalarında oranlarda azalma olacağı tahminlenmiştir. Gerçekleştirilen diğer bir projede PLC altyapılı trafik sinyalizasyon adaptif sistemi önerilmiştir. Gerçekleştirilen projeyle yol üstüne entegre edilen algılayıcı sistemler aracılığıyla trafik lambalarının zaman ayarlı trafik güncel durumunu istinaden dinamik modele uygun ilerlemiştir. Algılayıcılardan elde edilen datalar PLC dahilinde analiz edilerek trafik lambalarının zaman ayarlamaları yapılarak ve trafiin olağan ilerleyişi gereksiz olarak durmasının önüne geçilmiştir. Ek olarak bu mekanizmada sürat ölçüm projeleri de gerçekleştirilmiştir.[10]



Şekil 2.7. AUS & Kavşak Yönetimi [11]

Diğer bir projede ise çok yönlü metoduna dayalı trafik denetim mekanizmalarının dizaynı ve disiplini işlenmiştir. Kavşak optimizasyonuna dayalı sinyalizasyon sistemleri farklı etken altyapısı odağında yürütülmüştür. Gerçekleştirilen bu projede trafik debisinin yükseltilmesi, yakıt sarfiyatının azaltılması, trafik yoğunluğu ve kaza oranlarının düşürülmesi hedeflenmiştir. Kent merkezleri özelinde trafik yoğunluğunun fazla hissedildiği lokasyonlarda kavşakların olduğunun altı çizilmiş ve projede; kavşağın daha faydalı ele alınması adına kural tabanlı bir kapsamın tatbiği gerçekleştirilmiştir. Trafik lambası yanma sürelerini en optimum şekilde

netleştirip kavşak sirkülasyonu boyunca durma süresi düşürülerek kavşaktan maksimum taşıt geçişine imkan verilecektir. Modelin dizaynı sonrası kavşaktan yüzde 22-32 aralığında bir oranda fazla taşıt geçişi sağlanmıştır. [10]

Sinyalize kavşaklar adı gerçekleştirilen projede bağlantı yollarından geçen taşıt sayıları netleştirildikten hemen sonra öneri ve performans analitiği simüle edilmiştir. Sinyal zaman aralıkları üzerine bazı analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tamamlanan analizler sonrasında bir takım taşıtlar sola doğru yönelimde hacmi yükselişi oldukça kavşaktaki sıkışıklığın da yükselttiği, sol yöne doğru yönelimin yüzde 32 olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu neticeler sonrasında sinyal zaman ayarları revize edilmiştir. Tamamlanan projede çok yönlü taşıt izleme ve sayımı tatbik edilmiştir. Ayrıca bu proje sayesinde 4 yönlü bir kavşak üstünde kavşakta giriş-çıkış yapan taşıtların sayısı, taşıtların yolda kapladığı hacme göre ayrılmıştır. Bölümleme ve taşıt sayımlarıyla istikamet hedefi ve hacmi gibi ifadeler de bu kapsamda yerini bulmuştur.[10]

Bu kapsamda gerçekleştirilen diğer bir proje de, güncel trafik problemleri hakkında konuşarak akıllı kavşakların hayata geçmesi tavsiye edilmiştir. Kavşaklara entegre edilebilecek mekanizmaların katkısıyla yapay zekâ metotları ve diğer uzman mekanizmaların AUS ve kavşakların optimizasyonu ile analiz edilip değerlendirilmiştir. Farklı bir projede ise akıllı kavşak denetim mekanizmasının süreçleri ve tatbik örneklerinden Mevlana Kavşağı'dır. Kavşaklara entegre edilen izleme kamera mekanizmasıyla günün her saati taşıt sayımı gerçekleştirilmektedir. Kavşağa yapılan ATS ve halihazırda trafik lambalarının simüle edilerek karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir. ATS aracılığıyla kavşakta trafik sorunu ve trafik lambalarının geçiş ihlali sonrasında kaza oranlarında düşüş gözlemlenmiştir.[10]

Tamamlanan projeler incelendiğinde taşıt sayım metotları AKS'nin faydalarından bahsedilmiştir. Ek olarak; taşıt sayımlarının hangi şekilde gerçekleşeceği ve sayım gerçekleştirilirken nelere önem verilmesi gerektiğine dair konudan bahsedilmiştir. Kavşak yönetiminde akıllı mekanizmaların ve taşıt sayım metotları analiz edilmiş ve karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Türkiye adına en optimum olabilecek metot netleştirilmiştir. Netleştirilen metodun doğaya olan zararı, trafik kazaları ve vakit kayıpları özelinde negatif durumların önlenmesi adına kattığı faydalar da aşıkardır. [11]

2.5.1. AUS’da Kavşak Kontrol Gereçleri

Taşıtların insan yaşamına dahil olması sonrasında farklı nedenlerle taşıt sayım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama geleneksel eski metotlarla başlamış sonrasında teknolojinin ilerlemesiyle beraber vakit içerisinde farklı gelişmeler ortaya çıkarmıştır. Özellikle AUS’nin katkısıyla son senelerde taşıt sayım uygulamaları basit şekilde yapılabilmektedir. Bu sayım metotları ilerleyen her zaman içinde kendini geliştirmekle kalmayıp, bu metotlara ek bir şekilde yeni metotlar da katılmayı sürdürmüştür. Taşıt sayım metotları içinde ilk olarak tercih edilen metot manuel olarak elle sayım metodudur. Bu metot sayesinde taşıtı sayan bireyler yolu berrak olarak gözleyebilecek ve trafik akışına engel olamayacak bir alana geçiş sağlayacak. Geçiş tamamlandan taşıt sayısını yazarak not tutarak sonrasında değerlendirir. Aracın kapladığı hacim veya çeşidine göre sayım olması durumdaysa, bir grafik hazırlayarak aracın özelliklerine göre belirlenen bölümlere işaret koyar. Tercih edilen diğer bir metot da trafik ölçüm hortumuyla taşıt sayımı metodudur. Bu metot ile zemindeki basıncı ölçen sayaç, hortumların üstünden taşıtların ağırlığını zemin ve taşıt arası biriken havadaki farktan hisseder. Şayet yayalar ilk etapta hortum üstünden geçerse, hortum buna duyarlı olarak sezgiler. Bundan dolayı yayaların bulunduğu lokasyonlarda hortumların tercih edilmesi önerilmez, nedeni ise bazı yayalar hissedilir bazıları da hissedilmez. Fakat, proje proseslerinde 2 hortum uygulandığında bisiklet ve motorlu taşıtlar birbirinden ayrılarak karma trafik koşullarında çalışabilir bu sayede hız ve yönelim tercihinin yapılmasına olanak sağlanmaktadır. Taşıt sayım metotlarından bir diğeri de yol üstüne entegre edilen algılayıcı sensörler yardımıyla gerçekleştirilen sayımlardır. Algılayıcı bu sensörler yolun üstünden alınarak yapılan bir bölüm içerisine konumlandırılır. Algılayıcı sensörlerle işlevselden elektriğe dönüşüm enerji prosesinde datalar derlenmektedir. Algılayıcı sensörlerden ibaret işlevsel dezenformasyonlar, sahip olduğu elektrotlarda akımda farklılığa sebebiyet vermektedir. Nihai farklılık sonrası ortaya çıkan sinyal belirtilerinin genişliği ve oluşum sıklığı gerçekleşen dezenformasyonun seviyesiyle doğrudan ortantılıdır. Algılayıcı sensörlerde oluşan akım değişimi eldesiyle taşıt sayımı, ayrıştırma, taşıtın hareket halindeki uyguladığı ağırlık şiddeti ve sürati kapsamındaki informasyonlar sağlamabilmektedir. Hızlı metotlardan biri de mobil trafik analitiği aracı metodudur. Bu metodun tatbik edilmesi basit olmakla beraber, yol üstüne entegre edilmesinin ardından yerinden tekrar alınabilir. Kapsamı dahilinde yer alan bluetooth bağlantısı aracılığıyla taşıtların türünü ve süratini belirleyip dataları iletme yaramaktadır. Sensör metoduyla taşıt sayımı ve trafik analitiğiyle taşıt sayımı; tercih edilen sayım metotları arasından en fazla kullanılan mekanizmalar; taşıt sayım kameralarıdır.

Bu mekanizma ise taşıtın sayılacağı yolu gözlemleyecek biçimde 7 & 9 metre yüksekliğinde belirlenen lokasyona konumlandırılır. Var olduğu lokasyondan geçişini tamamlayan taşıt sayısını belirleyip dataların kavşak sinyalizyon mekanizmasına iletilmesine olanaj tanır. Ek olarak belirlenen kameralar taşıtların özelliklerine istinaden sayım uygulamasını tamamlayıp belirli bir ayrıştırma işlemini gerçekleştirdiği için daha ayrıntılı ve net sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Taşıt sayım çalışması için tercih edilen metotların özelliklerine göre finansal sonuçlar, netlik payı ya da geçirilen vakitler değişkenlik gösterebilmektedir. Bu sebeple tercih edilen alanları da farklılığa işaret edebilmektedir. En geleneksel yöntem olarak bilinen manuel el ile sayım metodunda; sayımı gerçekleştiren bireyler bakımından fiziksel yükü fazla olup geçişini tamamlayan taşıt sayısının belirlenmesi bireyin özenine bağlı olmasından mütevellî hata payı da fazladır. Bu nedenle, son zamanlarda kullanımı da gün geçtikçe azalış göstermektedir. Trafik test ölçüm hortumuyla taşıt sayımındaysa çoğunlukla yaya ve köprü trafik akışına açık olmayan lokasyonlarda yönelme olur. Kavşakların pek çoğunda yayaların geçiş sağlaması ve hortumların üstüne dokunması durumunda net sonuçlar göstermeyebilir. Bu sebeple kavşaklarda uygulama açısından seçilen bir metot değildir. Sensör metoduyla taşıt sayımında farklı metotların çoğuna nazaran finansal götürüsü yüksek çıkabilmektedir. Ek olarak; olumsuz hava şartları durumlarında işlevsel yapısının negatif etki içinde kalma durumunda yanlış sonuçlar ortaya çıkabilecektir. Trafik analitiğini değerlendirdiğimizde uygulama alanının dar kapsamda kalması seçilme olasılığını azaltmaktadır. Yolun ufak bir bölümüne entegre edilmesi şerit dışına çıkma durumlarının çoğunlukla fazla yaşandığı Türkiye’de negatif sonuçlar doğurabilmektedir. Bu durumun nedeni ise analitik mekanizmasının yol boyunca olması yerine şeritlerin sadece içinde ufak bir bölüme konumlandırılmıştır. Ek olarak; basit bir şekilde çıkarılır durumda olması ve taşıtlardan kaynaklı dezenformasyon olma olasılığı dahilinde Türkiye’de yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. Taşıt sayım görüntüleme ve gözleme kameralarının uygulamaya alınması ise bugünlerde en fazla seçilen metottur. Yoğun olarak seçilmesindeki en önemli kriter; kullanım alanının yaygın olması ve daha net çıktılar elde edilmesini sağlamasındaki yetkinliğidir.[12]

Taşıt sayım görüntüleme ve gözleme kameralarının kullanımı sayesinde;

- Kavşaklarda ve kavşakların yol bileşimlerinde trafik yoğunluğu daha seyrelir.

- Taşıtların kavşaklarda durma zaman aralıkları, buna ek olarak da trafikte harcanan süre minimuma düşer.
- Çevreye verilen zararlı hava partikülleri ve ses kirlilik oranı düşürülerek çevreye verilen zararın önüne geçilmesinde büyük rol oynar.
- Enerji sarfiyatını düşürerek ülkelere finansal anlamda katkı sunar.
- Mekanizmanın sağladığı emniyetli zaman aralıklarıyla kırmızı ışık kuralına uymama durumlarında ve trafik kazaları oranının düşüş ortaya çıkar.

Genel itibariyle bahsi geçen metotlar içerisinde taşıt sayımlarını görüntüleme ve gözlemleme kameraları sayım uygulamasında en verimli metot olduğu tespit edilmiştir. Sunduğu faydalar bakımı nedeniyle kavşaklarda uygulanması trafik yoğunluğu ve trafik kazalarını düşürmeye sebebiyet vermektedir. Yoldaki trafik yoğunluğundan ve olumsuz hava koşullarından kendini koruması nedeniyle da uzun vadeli bir şekilde sürdürülebilirliğini sağlamaktadır. Hava karanlığında görüş özelliklerinin iyi seviyelerde olması yanlışlık olasılığını büyük oranda azaltmaktadır. Özellikle kavşakların odağına konumlandırılarak bütü yolların denetiminin gerçekleştirilmesi ve buna istinaden de kavşağın hareketli bir şekilde devamlılığını sağlamakla beraber, trafik sıkışıklık oranını düşürmektedir. Ancak bir kavşakta bu mekanizmanın uygulanıp bu kavşağa yakın farklı bir kavşakta uygulanmaması senkronizasyonu sağlamak açısından istenmeyen durumlara sebebiyet verebilir. Bu durum nedeni ise bir kavşakta trafik devamlılığının süratini arttırıp ona en yakın kavşakta süratlendirmezse trafik yoğunluğu bütünsel olarak sağlanmamış olur. Bu sebeple hareketli kavşakların beraber net bir mekanizma içerisinde uygulanması daha sağlıklı sonuçlar alabilmek adına önemlidir. Bu kapsamda ülke trafik uygulama disiplinlerinde akıllı kavşakların hakettiği önemi verilmesi çok kritiktir.[13]

2.6. AUS VE TRAFİK YÖNETİMİ

AUS çalışmalarının ülkemizde trafik denetim ve kontrolizasyonu konusunda ilk olarak İstanbul'da ve TM(Trafik Müdürlüğü) önderliğinde uygulanmaktadır. AUS; yol bağlantı hacminin etkili bir biçimde uygulanması hedefiyle yeni bilimsel yöntemler kullanılarak

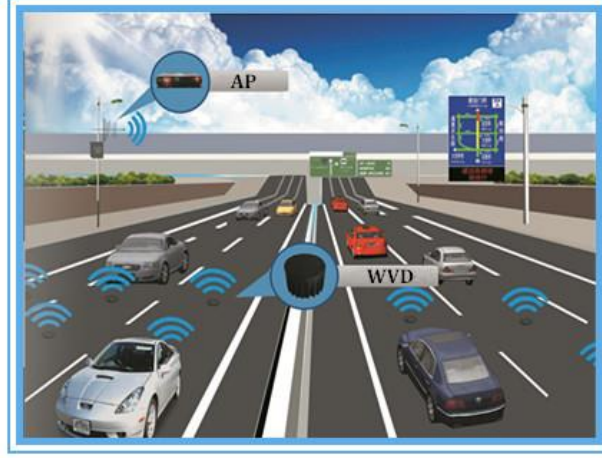
genellikle trafikten elde edilen yol ve hava koşullarına dair datalar kapsamında trafiğin otomatik olarak yönetim uygulamalarıdır.[14]

- Trafik kameraları şehirlerin geniş yayılımında pek çok önemli noktaya konumlandırılan ve iki yüz yetmiş derece hareket açısı dahilinde anayollardaki trafik durumu anbean TKM'den gözlemlenmektedir. Tutulan anlık trafik kontrol informasyonları DMP, global ve yerel on tane televizyon kanalı, otuz iki tane radyo kanalı, cep uygulamaları ve web sayesinde yol kullanıcılarına ve yolculara briefing verilerek şehir içi ana yol bağlantıların en optimum biçimde uygulanmasına olanak tanımaktadır. [15]



Şekil 2.8. Kent İçi Trafik İzleme Kamerası [15]

- Yol algı sensörleri anbean trafik devamlılığı datalarını kent genelinde yol bağlantılarının belirli lokasyonlarına yerleştirilen özel entegre mekanizmalarla tespit edilmektedir. Tespit edilen veriler 2 ana işlemcide girdi halinde işlenmektedir. İlk olarak; kavşakları denetlemek, sinyal zaman aralıkları optimizasyonu, diğeri ise kent genelinde ana bağlantı yolları ve çevre yollarındaki akan yol trafiğinin informasyonlarını netleştirip halihazırda kullanılan fizibilitenin daha etkin yapılandırılması kapsamındaki iletimlerde varolmaktadır.[15]



Şekil 2.Hata! Burada görünmesini istediğiniz metne 0 uygulamak için Giriş sekmesini kullanın.**9. Çok Yönlü Trafik Entegrasyon Mekanizmaları [15]**

- Trafik sıkışıklığını ifade eden yoğunluk haritaları TKM kent trafiğini anbean formatlı trafik görüntüleme ve gözetleme kameraları ile trafik devamlılığı özelinde ayrıntılı bilgiler tespit eden algılayıcı sensörlerle yedi gün yirmi dört saat izlenmektedir. Anbean tutulan bu bilgiler işlenerek çeşitli bilgilerle bütünleştirilerek trafiğin güncel durumu bilgisine evrilmektedir. Anbean trafiğin güncel durumu konusunda yol kullanıcılarının yolculuk öncesi ve yolculuk esnasında enformasyon iletilmesiyle halihazırda yol bağkanti ağının daha etkin ve faydalı kullanımı hedeflenmektedir.[15]



Şekil 2.10. Yol Ağı Yoğunluk Haritası [10]

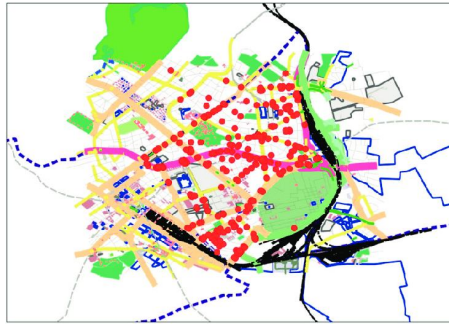
- DMS, DMP ile sürücüler seyahat esnasında anbean trafiğin güncel durumuyla ilgili brifing alabilmektedirler. DMP'ler sayesinde sürücülerin trafikle ilgili trafik sıkışıklı, yol durumu,

kaza ve hava durumu vb. durumların trafiğe etki etme düzeyi anlamında brifing vermesi maksadıyla çeşitli gidiş yollarına doğru ilerleyebilmesi ve yol bağlantı ağı hacminin dinamik bir şekilde uygulanmasına olanak tanımaktadır.[16]



Şekil 2.11. Yol DMP Uygulaması [10]

- MBS belediye departmanlarının uygulama çalışmaları için gerek duyduğu farklı şehir brifing mekanizmalarında GIS özelinde bulunduğu noktadan, bir basamakta ve denetimli bir biçimde birleştirilmesi, halihazırda informasyonlarda yenileme çalışmalarını sağlar. Belediye birimlerince ve yol yapım şirketi sorumlularının şehir içi gerçekleştirdiği projelerin alanda denetim ve takibinin yapılabilmesi adına da değerlendirilir. Web'den ihtiyaç halindeki informasyonların odakta anbean canlı bir şekilde gönderilmesini ve paylaşılmasına olanak tanıyan mobil GIS mekanizmasıdır.[16]



Şekil 2.12. MBS Trafik Yoğunluk Göstergesi [16]

- Trafik kural ihlal belirleme mekanizmaları(TKİTS), global olarak tercih edilmiş formatıyla; durma noktasından, güvenlik şeridi ihlali tespit mekanizması ve trafik kuralları ihlal

mekanizmaları kapsamında 3 ayrı bölümde düşünülmektedir. TM içeriğinde kırmızı ışık ve taşıt plaka belirleme mekanizması İstanbul'da 5 ayrı semtte kullanılmaktadır.[17]



Şekil 2.13. Trafik Kural İhlal Tespit Sistemi [18]

2.6.1.Trafik Belirteç İzleri Yapılandırılması ve Uygulanması

Trafik emniyetinin sağlanması ve daha sağlıklı bir yol yapılandırmasının uygulanabilmesi için çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Genel itibariyle 4 başlık altında toplanan bu metotlar; yatay-dikey trafik ışıklandırılması ve yapılandırılması, çift kompenantlı boya ile yapılan trafik işaretlemesi, termoplastik boya ile yapılan trafik işaretlemesi ve yol butonlarıdır.[18]

- **Yatay-Dikey Trafik Belirteç İzlerinin Yapılandırılması:** Bu işaretleme belirteçleri ve simgeleri; şerit çizgileri ve banket çizgileri, yaya emniyetinin konumlandırılması, yaya geçiş güzergahlarındaki zebra ve sinyalize kavşaklarda pelikan yaya şeritleri, çeşitli yön göstergeleri, görsel simgeler, ofset değerlendirme, hız düşürücü ön alarm vb. kapsamdan oluşmaktadır.[18]



Şekil 2.14. Yatay-Dikey Trafik Belirteç İzleri [10]



Şekil 2.15. Yol Belirteç İzleri [10]

• **Çift Komponentli Boya ile Yapılan Trafik Belirteç İzleri:** Yol üzerindeki belirteç izlerinin belirlenmesiyle yol ve yol emniyeti oranının yükseltilmesi kapsamında gerçekleştirilmektedir. Yol üstü belirteç izlerinin; şerit ve banket izleriyle zebra ve pelikan şeklinde tabir edilen yaya geçiş noktalarındaki yol belirteç izlerinin, yönlendirme işaretleri, görsel simgeler vb. formatlarda görülmektedir.[18]



Şekil 2.16. Çift Komponentli Boya ile Trafik Belirteç İzleri [10]

- **Termoplastik Boya ile Yapılan Trafik Belirteç İzleri:** Halihazırda bulunan yol bağlantıları üstünde termoplastik ve çeşitli özel boyalarla(akrilik boya) şekillenen yol üstü belirteçleri; şerit çizgileri ile banket çizgilerinden ibarettir.[18]



Şekil 2.17. Termoplastik Boya ile Trafik Belirteç İzleri [10]

- **Yol Butonları:** Şeritler ve yol kenarlarının karanlıkta yol görünme olasılığını yükselterek yolun emniyetinin arttırılması, uygulanması hedefiyle kurgulanan, güneş enerjili ve proaktif refleks yetenekleri olan yol butonları 2 ana birimden meydana gelir.[18]



Şekil 2.18. Yol Butonu Çeşitleri [10]

- **Düşey Trafik Belirteç İzleri:** Trafik levhalarının dizaynıyla yol kullanıcılarının ve yayaların doğru yöne iletimi ve informe edilmesiyle, trafik akışı kapsamında daha etkili ve emniyetli trafik devamlılığı sağlanmaktadır. Trafik levha örnekleri kapsamında, kavşak içi bilgi, trafik ikaz belirteçleri, trafik düzen belirteç simgeleri, trafik bilgi simgeleri, durma ve park simgeleri ana bağlantı yolları üstüne entegre edilmektedir. Trafik levhaları 4'e ayrılır;[18]

1. Kaplama Üzeri
2. Standart
3. Ön Bilgi
4. Kavşak İçi Bilgi

2.6.2.Sinyalizasyon Mekanizmaları

Eşit seviye kavşaklarda ve yaya geçitleri araç ve yaya dinamiklerini denetlemek adına, emniyeti artırmak ve net bir formda ve düzen kapsamında trafik devamlılığını sağlamak amacıyla kavşaklar farklı sinyalizasyon sistemleriyle donatılır. Bu hedef ışığında, İBB hudutları içinde üretim, onarım ve işletme çalışmaları sinyalizasyon kavşak adedi 2019 senesinin bitimiyle itibariyle 5220 tanedir. [19]

- **Geri Sayım Birimleri:** Sinyalizasyon yeteneklerine sahip kavşaklarda, taşıtlar ve yayalar için, bu seviye içinde yeşil ışık ve kırmızı ışık zamanlamalarının ne olduğunu iletir. Buna istinaden bireylerin, negatif psikolojik sonuçlarını en aza indirmek ve de araç ve yaya emniyet kapsamına alınması hedeflenmiştir.
- **Ulaşılabilir Yaya Belirteçleri:** En fazla yaya erişebilirliğinin oluşması hedefiyle sinyalizasyon mekanizmasına bağlanan fonksiyon ses teknolojisi ile donatılmış yaya butonlarıyla yayaların trafikteki emniyetini garantiye almak hedeflenir.

2.6.3.Trafik Sinyalizasyonu

Trafik lambası ışıkları, genel itibariyle onay almış bir mekanizmaya istinaden farklı renkte ışıklar uygulanarak trafiğin devamlılığını kontrol altına almak amacıyla kavşaklara ya da yaya geçiş alanlarına entegre edilen bir sinyalizasyon sistemidir. Global anlamda pek çok kentte ışık sinyalizasyon sistemleri vardır. Tüm ışık işaret belirteçleri 2 temel renkle öne çıkar; kırmızı ışığın anlamı trafik çerçevesinde “dur” anlamı taşıırken, yeşil ışığın anlamıysa “geç” ya da “geçebilirsin” anlamı taşımaktadır. Bu uygulama kapsamında atılan ilk adım 1869 senesinde İngiltere’de hayata geçti, 1914 senesinde ABD’de 3 farklı renk ile uygulamaya koyuldu. 1923’de, sinyalizasyon sisteminin işlevsel olarak uygulandığı gözlemlendi ve sonrasında devletler, trafiği denetim altına almak maksadıyla ışıklandırma sistemlerini daha geniş bir tabana yayarak kullanmaya başladı.[19]



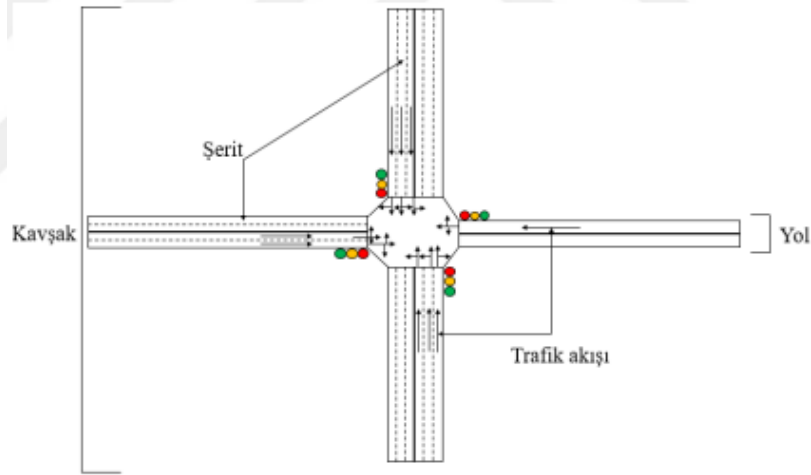
Şekil 2.19. Trafik Lambaları Mekanizması [19]

2.6.4.Trafik Sinyalize Mekanizmasında Geçen Bazı Kavramlar

Trafik sinyalize mekanizmasında pek çok kavram mevcuttur ve bu kavramlar gerçekleştirilen proje ve çalışmalarda yön vermek ve belirlemek amacıyla kullanılır. Bu kavramlar şu şekildedir;

- **Kavşak:** Farklı yolların bağlantı noktası olan ve trafik akışının değme noktalarının, birbirinden ayrıştığı ve kesiştiği bölümlerdir.
- **Yol:** Ulaşımında kullanılan, farklı yön ve yön tarifleri olan taşıt trafiğince uygulanan niteliktir.

- **Şerit:** Taşıtların emniyetinin sağlanması amacıyla oluşabilecek maddi manevi kayıpların önüne geçmek için yolların ayrıştırılmış bölümleridir.
- **Trafik akışı:** Araçların, yol güzergahındaki çift gönlü hareketidir.
- **Kırmızı süre:** İlk basamakta araç durma zaman aralığı temsili.
- **Sarı süre:** İkinci basamakta araç bekle zaman aralığı temsili.
- **Yeşil süre:** Üçüncü basamakta araç geçişi için verilen mühlet temsili.
- **Faz:** Kavşakta 1'den daha fazla trafik devamlılığına olanak hakkı veren mühlettir. Bir akımın üçüncü basamak yeşil ışık sinyali algımasından sonra sinyalin iletiminin tamamlanması arasındaki süre zarfıdır.
- **Devir süresi:** Kavşaktaki her bölümde 1 defa geçiş hakkı tanınmasındaki nihai total süredir.[19]



Şekil 2.20. Şeritler ve Trafik Akışı Kontrolü [19]

2.7.OTONOM TRAFİK YÖNETİM SİSTEMLERİ

Ulaşım, kentlerde uygulanan fiziki lokasyonlarda bulunan bireyleri olumlu veya olumsuz anlamda etkileyen önemli bir etkidir. Kent içi ulaşımındaki farklılıklar ise birey dinamiklerinin genel işleyişini etkisi altına alır, etrafını etkiler, kentlerin genişleme süratini artırır.

İnformasyon ve iletişim teknolojisinin son senelerdeki teknolojik atağı, herhangi bir kentin yaşayabileceği trafik yoğunluğu, kazalar ve kara ulaşımının sebebiyet verdiği çevresel tesirler gibi problemleri sonuca bağlama noktasında kuvvetli çözümlerin ortaya çıkarılmasına yaramıştır.

Bu teknoloji atağının vesilesiyle meydana gelen AUS mefhumu, ulaşım zeminiyle iletişim ve informasyon mekanizmalarının birleşmesi nihayetinde birbirleriyle etkileşime giren maddeleri denetleyerek yol emniyet oranını yükselmeyi ve taşıtların olumsuz etkilenmesini, yolda harcanan süreyi ve enerji sarfıyatını azaltmayı hedefler.

Bu hedef doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmalarda informasyon, iletişim, algılama ve denetim teknolojileri bütün olarak değerlendirilir. Taşıtlarda yolcu emniyetini sağlamak, kazalara engel olmak, kaza anında ya da sonraki süreçlerde karşılaşılan yaralanma ve ölümleri minimum seviyeye indirmek adına yapılan projelerde AUS'nin büyük potansiteli olduğu tespit edilmiştir. Şekil 21'de de AUS fizibilite dizaynı detaylı olarak yer almaktadır.[20]



Şekil 2.21. Akıllı Ulaşım Sistemleri Fizibilitesi [20]

Trafiğin denetimli şekilde gözetilmesi amacıyla oluşturulan akıllı çözümler de bu hedeflere kolaylık sağlamaktadır. Yakın zamandan günümüze kadar olan süreçte, tipik bir şehir içi sağlanan ulaşım şartlarının taşıt-kilometre özelinde analiz edildiğinde 3'te 2'si, taşıt-saat özelinde analiz edildiğinde 3'te 2'sinden daha yüksek oranda, ışıklı simgelerle denetlenen karayolu arterlerinde uygulanmaktadır. Bu sebeple, şehir karayolu ulaştırma dinamizmi yoğunlukla karayolu dinamizminin denetiminde ortaya çıkarılan katkı, karayolu trafik dinamizminin denetimindeki katkı, trafik ışıklarının denetimi ışığında ortaya çıkan sonuca endekslidir.

Genellikle trafik sorunları, karayollarının bağlantı arterlerini bağlayan kavşaklarda ortaya çıkmaktadır. Kentlerin hacimsel büyümesi sayesinde düzenli olarak artan bu sorunlar, çeşitli kayıplara neden olmakta ve insan yaşamına pek çok anlamda negatif açıdan etki etmektedir.

Kavşaklar, karayollarındaki araçların birbirleri ile kesişme olasılıklarının en fazla olduğu alanlar olduğu için, bu konular özelinde mevzu bahis kompleks durumları engellemek maksadıyla farklı trafik denetimi metotları tercih edilmektedir. Özellikle yakın zamanda, Türkiye'de ve gelişmekte olan pek çok ülkede tercih edilen ilgili trafik denetimi metotlarından bir tanesi ve en kritik olanı da sinyalizasyon kavşak yapılandırmalarıdır.[20]

2.7.1.Sinyalize Kontrol Metotları

Sinyalizasyon mekanizmaları taşıt ve yaya hareketlerinin ışıklı alarmlarıyla ikaz edilmesi ve geçiş üstünlüklerinin moderasyonuna katkı sağlayan mekanizmalardır. Taşıt ve yaya dinamizm hareketlerinin bağlantıya geçtiği kısımlarda sinyalizasyon mekanizması temin edilmesi konusundaki disiplinler mühendislik projeleriyle incelenerek entegrasyon sürecine girilir. Mekanizmanın kurulum aşaması öncesinde proje alanının teknik yapısına, akımların hedeflerine, taşıt ve yaya büyüklüklerinin optimum anlamda kavşak çizelge matematiği oluşturulur ve optimum metot seçilir.

Özellikle şehrin belirli kısımlarında bulunan sinyalize kavşaklar; şehirlerin devamlı büyümesi ve taşıt sahipliği yüzdesinin büyümesinden kaynaklı devamlı artan voltaj seviyelerine hizmet vermek zorundadır. Tüm bunlara rağmen sinyal zaman aralıklarının yeni tutulmasıysa yüksek gayret gerektiren bir durumdur. Sinyalize kavşakların denetim biçimleri netleştirilirken; trafik devamlılıklarının yetenekleri, kavşakların çizelge matematiği, taşıt ve yaya büyüklüklerinin

dönemsel, mevsimsel ve gün içi farklılıkları göz önünde bulundurulur. Kavşakların trafik devamlılığındaki farklılığa dinamik hizmet verebilmesi umut edilenden, konuya ilişkin kurumlar tarafından sinyalize kavşak uygulamasında maksimum faydayı verecek çeşitli güncellemeler gerçekleştirmesi kaçınılmazdır.

Lanse edilen kontroller, bölgesel bir kavşak üstünde gerçekleştirilmesinin yanı sıra, tercih edilmiş bölge içerisindeki bütün kavşaklarla bağlantı kurabilmesiyle de hayata geçirilebilir. Sinyalize kontrol metotlarının temel nitelikli sinyal zaman aralıkları, faz adetleridir. Sinyalize denetim metotlarında trafik kontrolü, genellikle 2, 3, ya da 4 aşamalı bir biçimde hayata geçmektedir.

Hususi olarak, yakın bölge denetimli kavşaklar arterinde, kesişim alanlardaki arasındaki bağlantının performans bakımından güçlü bir etkisi bulunmaktadır. Bir trafik simgesindeki kuyruktan ayrılan taşıtlar, aynı hedefe doğru devam ettikçe genişleyen bütünlük meydana getirir. Sinyal denetimli kavşakların aslında birbirine yakın konumlandırılması sonrasında, bir kavşaktan çekilen bir taşıt bütünlüğü, devamındaki kavşağa uğramadan bütünüyle dağılmaz. Taşıtların bir bölümünün sinyalizasyonu kesişme bağlantı noktalarında dinamizmi, gelişme olarak isimlendirilir. Trafik sinyallerinin kendi içinde düzgün bir nromda bağ kurmasıyla taşıt bütünlükleri ilerlemesini sürdürür. Sinyal bağlantı haberleşmesi, trafik uygulamalarını genel itibariyle oransal olarak yükseltecektir, algoritma mantığında kompleks bir yapıya büründürecek ancak sunduğu katkı değerlendirildiğinde seçilme nedeni olacaktır.

Yerel ya da bölge bazlı, çeşitli kademe adedi olarak sinyalize mekanizmaların uygulamaya geçirilmesinde tercih edilen başlıca metotlar şunlardır;

- Sabit zaman ayarlı sinyalizasyon,
- Yarı trafik adapteli sinyalizasyon,
- Tam trafik adapteli sinyalizasyon,
- Otonom trafik yönetim sistemleri (OTYS) [21]

2.7.2.Sabit Zaman Ayarlı Sinyalizasyon Mekanizmaları

Sabit zaman sinyalizasyon uygulama mekanizmasında, kavşağa farklı seyirlerden gelen taşıt ve yaya trafiğine, durum öncesi kurgulanmış zaman planına uygun biçimde sırayla geçiş önceliği tanınmaktadır. Yaklaşık olarak her kavşaktaki trafik devamlılığının gün içi farklı zaman aralıklarında çeşitli özellikler sergilemektedir. Sabit zamanlı ayarlı sinyalizasyon mekanizmasında da bu değişik yeteneklere uyumlu bir şekilde günün değişik zaman aralıkları ve sene içindeki çeşitli günler üstünden matematiksel araştırma çıktıları göz önünde bulundurularak otomatik bir şekilde değişkenlik gösteren ayrılmış sistemlerde hayata geçirilir ve lokal hafızaya kaydedilir. Günün sonunda trafik akımının en optimum ve faydalı biçimde revize edilmesi hedeflenmektedir. [22]

Fakat bu metot, bir kavşağın trafik ağırlığını denetim altına almak için en kolay metottur. Bu mekanizma farklı mekanizmalara nazaran, trafik yoğunluğu farklılıklarına uygun bir yanıt ile karşılık verme özelliğini içermemektedir. Hususi olarak trafik yükü net bir normu gözetmediğinde, bağlantı alanlarında uygun süre ayarlamasını yapamaz ve işletemez. Düzen bozulmalarına, çevresel faktörlerin nihayetinde sonuçlanan güncel optimizasyonunu tamamlamış sinyal ölçülerindeki geçiş veya durumlar, maddi ve manevi kayıpların nihayetinde trafik şartlarında tahmin edilemeyen biçimde bozulmalar gösterebilir. [22]

2.7.3.Yarı Trafik Adapteli Sinyalizasyon Mekanizmaları

Bu sinyalizasyon uygulama mekanizmasında halihazırda matematiksel sisteme istinaden en az 1 kısmın isteğe bağlı biçimde işletilmesidir. Kavşak katılım noktalarında yerleştirilen taşıt sezimleyici sensör ya da yaya butonundan gelen istek istikametinde sinyalizasyon mekanizması çalıştırılır. Genel itibariyle ana arter yolu özelliğine sahip yol üstündeki gidiş istikametlerine sürekli bir şekilde yeşil ışıklı geçiş sinyali iletilir ve tali yol ya da yaya aşamaları herhangi bir tanesinden geçiş isteği iletilmedikçe ana cephe bölümlerinin ışıklı sinyalizasyon sistemlerinde farklılık gözlemlenmez.[22]

2.7.4.Tam Trafik Adapteli Sinyalizasyon Mekanizmaları

Bu sinyalizasyon uygulama mekanizmasında ise halihazırda matematiksel kurguya istinaden bütün istikametlerin isteğe bağlı olarak çalıştırılmasıdır. Kavşak yaklaşma hatları ve anayollarda taşıt dedektörü sensör ya da yaya butonundan iletilen istekler istikametinde sinyalizasyon mekanizmasının en düşük seyir periyodunda uygulanması amaçlanır.

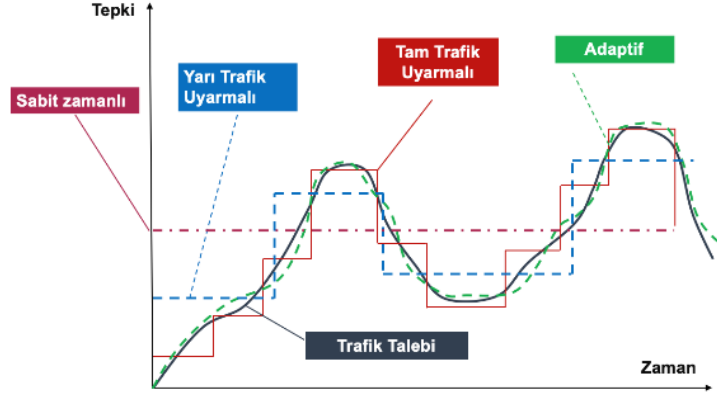
Ayrıca, yol kesişme kısımlarında zamanlamayı onarımlarının bir sonraki basamağı, kavşaklar ve TKM arasında haberleşmeyi sağlamaktadır. Böyle bir durumda, bütün mekanizmalar bir denetim merkeziyle haberleşebilmesinden dolayı süre ayarlamasını revize etmek ve tek bir kaynaktan TKM formatlamak muhtemeldir. Bu sebeple, den gelme süre ayarlaması revize edilebilir ve mekanizmaya bağlı sensörler, trafik kameraları ya da kontrol raporları gibi çevresel donanımlarını uygulayarak sağlanan fayda oranı arttırılabilir. Bu mekanizma denetimi, 2 ya da daha aşamalı uygulamalar bakımından etkilidir ve talebe bağlı adette aşamaları içerebilir.[22]

2.7.5.Otonom Trafik Yönetim Mekanizmaları

Otonom sinyal yönetim mekanizmaları, gerçek süre ayarlı trafik dayanıklılığı, istek ve mekanizma kapasitesi ışığında sinyal sürelerini düzenleyen mekanizmadır. Her kavşak bağlantı yolunun girişlerde ve de çıkışlarda net bir uzaklıkta yerleştirilen dedektörlerin üzerindeki taşıt adedi ve işgalie datalarına göre sinyal zaman aralıklarını üreten mekanizmadır. Otonom sistemler, trafik sıkışıklıklarının anbean sayısal verilerine göre geçiş önceliklerine imkan tanıdıklarından, total gecikmeleri en aza indirgeyen en uygun mekanizmalardır.

Tam trafik uyarlamalı ve otonom trafik yönetim mekanizmaları beraber değerlendirildiğinde temel benzeşmeyen nokta şöyle ifade edilebilir; trafik yoğunluk genişliği standarttan fazla olduğunda, sensörler bu bilgiyi hafızasına alır ve kontrol birimine iletir. Denetleyici, sırasıyla durma ışığını geçiş ışığına döndürür ve trafik yoğunluğunu eşit tutmak adına total evre uzunluğunu dönüştürür. Bu durum, tam zamanlı OTYS'dir. Tam trafik adapte sinyalizasyon mekanizmasındaysa denetleyici, geçmiş informasyonlara endeksli trafik uzunluklarını dizayn eder. Sensörler, devrim uzunluğunun dizaynını daha iyi seviyeye çıkarmak için olağan akışı hafızasına alır.

Bu dört mekanizma birbirleri arasında değerlendirildiğinde, sinyalize kontrol metotları trafik isteği ışığında aşağıdaki şekilde yer alan Şekil 22'deki şekliyle reaksiyon verdiği onaylanabilir.[22]



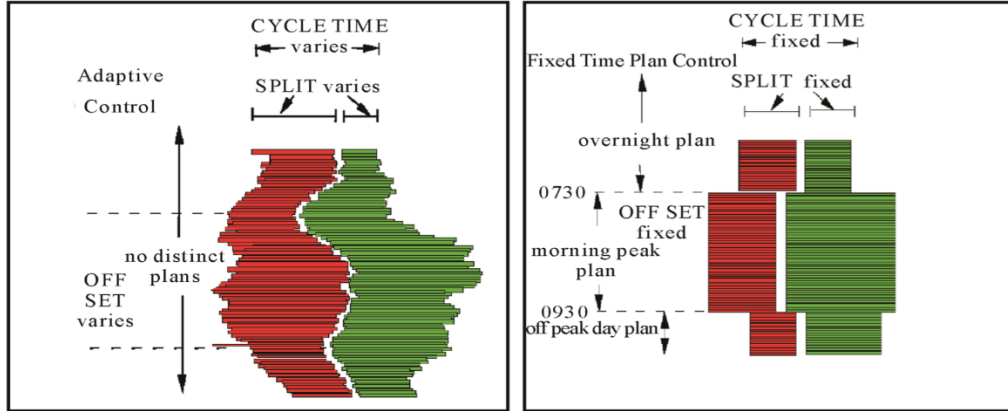
Şekil 2.Hata! Burada görünmesini istediğiniz metne 0 uygulamak için Giriş sekmesini kullanın.**22. Sinyalize Kontrol Metotlarının Kıyaslanması [22]**

2.7.6.Otonom Trafik Yönetim ve Denetim Mekanizması Uygulamaları

İnformasyon uygulama ve iletişim sağlama bilimsel teknolojilerindeki çalışmalara eşdeğer olarak, geleneksel sinyalizasyon uygulama metotlarına(Örneğin; sabit süre ayarlı, trafik adapteli vb.) yeni bir muadili olan OTYS mekanizması oluşturulmuştur. OTYS; genel itibariyle geleneksel mekanizmalardan daha fazla ortam datasını input çekmekte, güncellenen bir algoritmaya bu dataları çalıştırmakta ve algoritmanın çalıştırılması sonrası oluşan sonuçları kavşakta çalıştırmaktadır. Bir OTYS'de çoklu kavşaklar kendi aralarında entegre şekilde çalıştırılabileceği gibi, birbirlerinden ayrı bir şekilde de çalıştırılma olasılığı vardır.

Bu durum, tam zaman ayarlı trafik şartlarına ayak uydurmak maksadıyla süre ayarlaması ve aşama parametrelerinin devamlı bir şekilde kurgulandığı güncel sinyalize kesişim denetim

mekanizmasıdır. Mekanizma, kavşaklara entegre bir şekilde olan taşıt sensörleri aracılığıyla tam trafik şartlarının farkındalığında gerçekleştirilir. İndüksiyon çeşitlemeleri, çalışır durumda tasarlanmış donanımlar aracılığıyla tespit edilir ve bir kavşağın bütün yollarının trafik parametrelerini netleştirmek adına kullanılır. Bu formatta düşünüldüğünde, belirlenen bir kavşağın anbean informasyonlarına bakılarak, her bir yolun zaman ayarlamasının, merkezi sistem aracılığıyla hesaplanır ve mekanizmanın sağlamış olduğu faydayı arttırmak için mekanizmaya tam zamanlı işletilir. Şekil 23’de, sabit zaman ve OTYS’de 24 saat boyunca çeşitli zaman aralıklarında karşılaşılan geç-dur aşamalarının hareketlerindeki ayrışmaları ifade etmektedir. Mekanizma çeşitli trafik informasyonlarını merkezi sisteme iletir. Eş sürede trafik kanallarını en iyi biçimde denetimi altına alabilmek ve devamındaki kesintisiz kavşakları eşgüdümsel olarak besler. Bu metotla beraber, istikametteki taşıtların geç kalma ve bekleme zaman aralıklarının düşürülmesiyle belirlenen bir istikametteki kesişme kısımlarındaki yeşil bölge kapsamında da faydalanılabilir. [23]



Şekil 2.23. Sabit Zamanlı ve OTKS Kıyaslaması [23]

2.7.7.OTYS Metotları ve Temel İlkeleri

OTYS için çeşitli zamanlarda geliştirilmiş ve onay almış metotlar bulunmaktadır. 1. seviye öncü mekanizmalar arasında bulunan; MOVA, SPPORT ve CRONOS yalnızca yerel mekanizmalara fokus olmalıdır. 2. seviye SCATS, MOTION, MOTION ve yeni sayılabilecek, 3. nesil OPAC, TUC, SPOT/UTOPIA, RHODES, PRODYN mekanizmaları da yerel mekanizmalara ilave bölge temelli mekanizmalar iletir. OTYS’de tercih edilen en gözde mekanizmalar da SCOOT ve SCATS’dır.

Bu metotlar ayrı ayrı ayrıcalıklı ve eşsizdir. Bundan dolayı, her bir metodun seçili yeteneklerinin kıyaslaması neredeyse olanaksızdır. Buna ikame olarak, işin temelinde OTYS düşüncesini ortaya koyan birkaç kavram netleştirip kıyaslama yapılabilir. Değerlendirilmesi ihtiyaç haline gelen potansiyel kavramlar içinde aşağıdakilerin bu projenin içeriği özelinde bilhassa dikkat çekici biçimde olanları şöyledir; anlama, hareket çeşidi türü, düzenleme metodu, hiyerarşik fazlar, trafik yönetimi varsayımı, düzenlenmiş sinyal süre aralıkları, lokasyonlar için çeviklik, operasyon denetimi, sıralama denetimi.[23]

- **Anlama**

OTYS, trafik akışını öngörü varsayımını yapabilmek için çeşitli algılama sistemleri kullanır. Bu sistemler, sonraki fazda bir ağıdaki trafik denetimini düzenlemek için taktikler geliştirmek adına tercih edilir. [23]

- **Hareket Çeşidi Türü**

Bazı metotlar, taşıtlar ulaşmadan önce her temasında tahmini trafik ihtiyacını gidermek adına trafik denetimini ön sezimli olarak düzenler. Diğer metotlar, önceki mesafelerle ölçülen trafiğe brifing ileterek reaksiyon gösterir. [23]

- **Düzenleme Metodu**

Çoğu metodun sinyal süre ayarlamalarını optimize ettiği geniş kapsamlı onaylanan bir kavram mevcuttur. Bu optimizasyonların belli bir bölümünde keşif metotları uygulanır, kalanlar ise neticeye ulaşmak için geniş paritede arama metotlarını uygular. [23]

- **Hiyerarşik Fazlar**

Metotlar; 2 ya da daha çok hiyerarşik basamakta işleyebilmektedir. Bazı mekanizmalar, ötekilerden daha üstün biçimde görülse de, işin temelinde bütün metotlarda, lokal denetim sağlayıcıların operasyonlarını uygulayan bir bütünü ve trafik denetiminin daha iyi bir noktaya ulaşmasını sağlayan bir takım stratejik bileşenleri mevcuttur. [23]

- **Trafik Yönetimi Varsayımı**

Bu modelde ise sinyal süre ayarlamasının düzenlenmesi için bir input olarak tercih edilen halihazırda trafik akışını tahminlemek adına mikroskobik, makroskobik ve mezoskopik sistemlerin uygulanmasını ortaya koyar. [23]

- **Düzenlenmiş Sinyal Süre Aralıkları**

Pek çok taktik 3 temel türde sinyal zamanlamasını düzenler: geçiş ayrışmaları, dönüşüm uzunlukları ve de çıkartma baskıları. [23]

- **Lokasyonlar için Çeviklik**

Bir takım metotlar için dahil edilen bütün bölümün, genel itibariyle eş seviye bağlantı kurulması için ihtiyaç olan kesişme kısımlarına ya da alt parçalarına bölmek gerekir. [23]

- **Operasyon Denetimi**

Lokal denetleyiciler tarafından işletilen, geçiş fazları için alt ve üst limitlerin netleşmesidir. Netleştirilen limitten daha az bir netice ortaya çıktığında, o seviye için en az geçiş denetleyicilerinin belirlediği zaman aralığıdır. [23]

- **Sıralama Denetimi Yönetimi**

Ortaya koyulan metotların pek çoğunun aracı taşıma taşıtlar için bir nevi öncelik verildiği gözlemlenmektedir. [23]

2.7.8.OTYS’de Kullanılan Yapay Zeka Yöntemleri

Yapay zeka teknolojisi ve yazılım dillerindeki gelişmelerin üst seviye çalışmalarına ek biçimde; görselleştirme, akış kontrolü gibi gerçek hayat problemlerinin çözülmesi için projeler ve teknolojik projelerin son yıllarda sürekli büyüyen bir tabana yayıldığı gözlemlenmiştir. Bu kapsamda, trafik denetim sorununun neticeye kavuşması amacıyla yapay zeka metotlarının işletilmesi de yaygınlaşmaktadır. Bu çerçevedeki temel konular uzman mekanizmalar ya da bulanık mantık metotlarıyla mobil ve kent içi yollardaki trafiğin denetimi yapay sinir ağlarıyla trafik akışı varsayımı, genetik algoritmalarla trafik eniyileme şeklinde kabul edilebilir.[24]

ABD bu konuda önde olmak kaydıyla birçok ülkede AUS ve yapay zeka metotları trafiğin denetiminde kritik bir noktadadır. Trafiğin denetimi, trafik akışının denetimi şeklinde değerlendirilirse, hacim kullanımının maksimum seviyeye çıkarılması, kent içi yollarda ana bağlantılar ve bağlantılardaki kavşakların lokal denetimiyle şehir içi yolları karayollarıyla bütün hale getiren katılım ve ayrışma bölümlerindeki kontrolüyle gerçekleşir. Bu kapsamda kuyruklanmayı minimum seviyeye düşürmek için, trafik yoğunluğunun önüne geçmek, ulaşım süratını yükseltmek vb. kıstasları çizgisel olmayan biçimdeki kompleks optimizasyon sorunlarının neticeye ulaşmasını gerektirir. Popüler optimizasyon metotlarıyla sonuca ulaştırılamayan bu türdeki sorunlar için yapay zeka metotları sorunun türüne göre uygulanmaktadır.[24]

Bu metotlardan bulanık mantık net olmayan durumların dizayn tabanlı uygulanmakta, yapay sinir ağlarıysa sorunun neticeye ulaşmasında nöron dizaynı göz önünde bulundurularak uygulanan yapay nöron dizaynı özelinde tasarlanan algoritmaları tercih etmektedir. Genetik algoritma, tahmini gözden geçirme algoritmasıdır. Üst seviye mekanizmalar ise bilgi ve deneyimleri örnek olarak konumlandırmış bir metot olarak tanınmaktadır. Üst seviye mekanizmanın performansı, bilgi zemininin etkinliğiyle eş orantılıdır. Yapay zeka metotlarının çalışma alanlarından bir diğeri de çözümü genellikle çizgisel olmayan trafik devamlıklarının denetimidir. Bu metotlar bilhassa trafik ikazlı denetimin uygulanması için çerçevesi özelinde maksimum seviyede uygundur. [24]

2.7.9.OTYS Ürünü için Gereklilikler Analizi

OTYS pek çok farklı iletişim teknolojisi alt yapıları aracılığıyla uygulanabilmelidir. OTYS var olan bir kavşağın matematiksel bilgileri ve denetim parametreleri gibi bilgilerin tanımlanacağı bir dizayn arayüzünün olması gereklidir. OTYS'ne entegre bütün kavşakların yapılandırma parametreleri, sayım, sürat ve alan kaplayan verileri ve plan zaman aralıklarını ilintili bir veri zemininde saklanmalıdır. DSL haberleşme gibi haberleşme sistemlerinde uygulandığında ise ana sunucu bağlantısı olmayan kavşağın sensör uyarı verileri mesafe olarak kısa olan kavşaklar tarafından ana sunucuya iletebilmelidir. Ek olarak ağ denetiminde yer alan bir kavşağın ana sunucuyla ilişkisinin kopması halinde geri kalan kavşaklar otonom ağ denetimi kapsamında çalışmasını sürdürebilmelidir. [25]

Sensörde yaşanan aksaklık, anlık sinyalizasyon reflekslerinin güçlüklerinin başında görülmektedir. OTYS, sensörlerde gerçekleşebilecek aksaklık durumlarında kullanıcının tercihinine göre çeşitli reaksiyonlar üretebilmelidir. Mekanizma eksik dataları önceki datalardan faydalanarak tamamlayabildiği gibi talep edilirse ilgili aşama önceden planlanan zaman aralıklarına göre de işletilebilmelidir. [25]

- **Data Yönetimi**

OTYS’de, zıt kutuplu döngüler, kamera veya görüntü işleme teknolojisine bağlı sistemlerden gelen verileri bütünsel oluşumlarını önemseyerek sensör dataları dikkate alınır. Bu sayede sensörlerden toplanan sayımların hangi taraftan yönelen gidişattan olduğu tespit edilir. Ek olarak; bu mekanizmalarda bluetooth sensörleri, taşıt belirleme ve yakın mesafe iletişim gibi teknolojiler de uygulanmaktadır. Sensörler, taşıtla gerçekleştirilen seyahat sürelerinin sayımlanmasına fayda sunar. Sensörlerin kavşak dönüşlerinde yer alması, kuyruklanmaların belirlenmesi ve kavşak veriminin hesaplanabilmesine olanak tanımaktadır. Süreç şu sıralama biçimiyle gerçekleşmektedir;

- **Temin etme:** Çok menşeli dataya ulaşmak, farklı data kaynaklarına ulaşmayı ve dataları uygun prosedürler kapsamında çalıştırarak tedarik etmeyi kapsar.
- **Entegrasyon ve organizasyon:** Data tiplerinde heterojenlik, çeşitli data iletim prosedürleri ve güncel data tipleri gözetilmelidir.
- **Analiz ve harekete geçme:** Eskiye dayanan ve gerçek süreli zaman serileri çalışması ve kısa süreli geç kalma durumu dikkate alınmalıdır.
- **Algoritma:** Sinyalin tüm seyrine göre bütün geçiş sürelerini temin ederek başlar. Bunlar trafiğin temel ihtiyaçlarıdır. Bu isteği efektif bir biçimde gidermek adına bir algoritmaya gerek duyulur. Her gidişat geçiş süreleri ile bağlantılıdır. Giriş, geçiş sürelerinin bir ardışık dizilimidir ve bu kapsamda 3 dizi esirgenir. Duran, işleyen ve tamamlanmış dizi bu 3 diziyi oluşturmaktadır. Dizinin en çok yer kaplayan unsuru, geçiş adayıdır ve süre ayarlama sayısı, varsayıma dayanan değere istinaden düzenlenir. Bu input durma dizisinden çıkarılır ve işleyen diziyeye eklenir. Uyum sağlama problemi gündemde yoksa, tercih edilen aday durma dizisinden çıkarılır ve işleyen diziyeye ilave edilir. İşleyen dizideki inputlar, geçiş tabanlı süreleri 0’a eriştiğinde çıkarılır.

- **Web Arayüzü:** OTYS'ne entegre kavşaklar, web zeminli arayüz ile entegre olarak harita üstünden anbean gözlemlenebilmektedir. Web zemini üstünden hem OTYS'nin oluşturduğu aşama zaman aralıkları, akım/hacim datalarına benzer hem trafik denetim değişkenlerinin hem de sensör problemleri, kavşağın ana sunucusuyla olan iletişim durumu gibi önemli informasyonların takibi gerçekleştirilmelidir.
- **Trafik Simülasyonu:** OTYS, ilgili operatörlere otonom mekanizmanın ofis ortamında denenebilmesi adına simülasyon çalışması sunmalı ya da değişik farklı simülasyon çalışmalarıyla işleyebilmelidir. Trafik simülasyon tasarımları 2 türdür, bunlar; Makroskopik Mikroskopik'tir.
- **Makroskopik trafik akım simülasyonu:** Taşıt eylemini kontrol etmek için akım–hacim bağlantısı için kullanılır. Dizaynda 1 taşıt kullanılması tercih edilmez.
- **Mikroskopik trafik akım simülasyonu:** Taşıt eylemini kontrol etmek için akım–yoğunluk bağlantısı için kullanılır. Dizaynda 1'den fazla taşıt kullanılması tercih edilmez.

Bu simülasyon çalışmaları, lokal sürücü eylemlerine istinaden kalibrasyonu sağlama yeteneğine sahip olmalıdır. Sanal mecrada değişik trafik bağlantılarının oluşturulabilmesi, trafik bağlantılarına tercih edilen trafik yoğunluğuna yüklenmesi, değişik optimizasyon API'leriyle bağlantı, değişik performans değişkenlerine göre taşıt başına rötör, ortalama bekleme adetleri, ortalama yolculuk zamanı ve ağıdaki aktif taşıt adedi gibi outputlar oluşturmaları, trafik denetim stratejileri oluşturma, işletme ve sonuçlarını gözlemleme, seçilen taşıtın mekanizmada eyleminin gözlemlenmesi gibi yetenekleriyle hem otonom mekanizmanın bir kısmı olarak hem de fiziksel ortamında gerçekleştirilecek trafik analizi çalışmaları için trafik operatörlerin kullanımına açılmalıdır. [25]

2.7.10.OTYS Performans Ölçütleri

Sinyalize denetim metotlarının verimini ölçümlemek için pek çok girişim olmuştur. Uygulamaların bazıları, verim üstündeki etkilerin ortama özgü mevzulara ve belirlenen verim kıstaslarına göre farklı bir biçimde ortaya konulabileceğini tasdik etmiştir. Bu projeler; yolculuk süresi, bağlantı yolu rötörleri ve gözlem taşıtlarından elde edilen datalara dayanarak mekanizma özelinde performans dahil, otonom sinyal denetiminin arterler üstündeki genel tesirlerine ulaşmak için kapsam ve içerikler geliştirmiştir. Performansın en öne çıkan parametreleri şu şekildedir;

- Güzergâh Yolculuk Zaman Aralığı
- Yolculuk Zaman Aralığı Güvenilirliği
- Rötar
- Trafik Sıkışıklığı

OTYS'nin yararını detaylandırmanın en iyi yöntemi, farklı sinyalizasyon denetim mekanizmalarıyla benzer kavşaklar üstünde karşılaştırma yapılmasıdır. Bu kavşaklar içerisinde tercih odağı kapsamında benzer bağlantı yolu üstünde ve aynı matematiksel çalışmalara ve eşit uzunluğa sahip kavşaklar üstünde değerlendirmeleri gerçekleşmelidir. Bu metotla netleştirilen bir kavşak üstünde, haftanın aynı gün ve zaman aralıklarında OTYS ve diğer mekanizma sırayla deaktif durumdan alınarak en iyi neticeye ulaşmak adına karşılaştırmalı analizi yapılır.

- **Giriş Dedektörü:** Kavşaklara geliş istikametinde bekleme noktasından başlayarak elli – altmış metre mesafede yerleştirilir. Bu uzaklık anayol akış süratine ve gün içerisindeki en büyük izleme değeri baz alınarak hesaplanmıştır.
- **Çıkış Dedektörü:** Kavşakların çıkış istikametinde, çıkış noktasından başlayarak on iki – on beş metre mesafede yerleştirilmiştir. Bu sensörler aracılığıyla kavşakların çıkışlarındaki bekleme sıraları tespit edilir ve kavşağın verimi hesaplanır.

Kavşaklarda uygulanacak sensör adedi kavşağın yapılanmasına göre farklılaşmakla birlikte bu kavşaklarda on iki-on dört adet sensör işletilmiştir. Ana sunucuya gelen datalar, OTYS sisteminde işlenir ve bu sistem optimizasyon metotlarıyla hareketli bir şekilde kavşaktaki trafik lambalarına en ideal sinyal zaman aralıkları belirlenir. Bu mekanizmalar aracılığıyla, enerji sarfiyatı düşürülerek ülke finansallarına fayda sağlanır. Kent içi zararlı gaz dağılımı ve ses kirliliği oranı düşürülerek çevreye verilen zararın önüne geçilmesinde önemli rol oynar.

Mekanizmanın ürettiği emniyetli zaman aralıklarıyla durma anlarında yapılan ihlallerde ve trafik kazaları oranında düşüş sağlanır. Daha az zaman aralığındaki çevrimlerle, yaya denetimi daha efektif gerçekleşir. Ayrıca buna ek olarak taşıt adetleri sayılabilir ve taşıt sınıflandırması yapılabilir. Değişik taşıt adedi sayım mekanizmaları, sinyallerin optimum seviyeye çıkarılması metotlarında uygulanan insan gücünden dolayı oluşan maliyetlerde de pozitif fayda sağlanır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 PYTHON İLE OTONOM YÖNETİM

“Otonom Trafik Işıkları Kontrolü ve Optimizasyonu” konusu özelinde gerçekleştirilen bu çalışmada; özellikle son yıllarda yapay zeka teknolojisi trendinin artışıyla birlikte pek çok alanda faaliyetler ve araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda Akıllı Ulaşım Sistemleri’nin bu faaliyetler kapsamında hem yakın tarihte yapılmış hem de bu konu özelinde gelecekte yapılması planlanan projeler arasında kesişen birçok organizasyon mevcuttur.

Bu bölümde AUS ve Otonom Trafik Işıkları Yönetimi’nin doğru bir düzlemde ortak çalışmaları uyumlu bir şekilde gerçekleştirebilmesi için farklı yöntemlerle hem sistemin çalışabilirliği hem de elde edilecek sonuçların enerji, çevre, yol ve şehir yaşamı deneyimi gibi birçok konudaki faydaları uygulamalı olarak ele alınacaktır. Bu kapsamda python yazılım dili kullanılarak görüntü işleme teknolojisi sayesinde otonom trafik yönetiminin nasıl optimize edileceği hem simülasyon ile hem de görüntü işleme teknolojisinin trafik ışıkları entegrasyonunun nasıl yapılacağından teknik olarak bahsedilecektir. Bu çalışmaların gerçekleşmesinde kullanılan python yazılım dili ve simülasyon uygulaması olan SUMO programı hakkında kısa bilgi verilecektir.

3.1.1.Python Tanımı ve Özellikleri

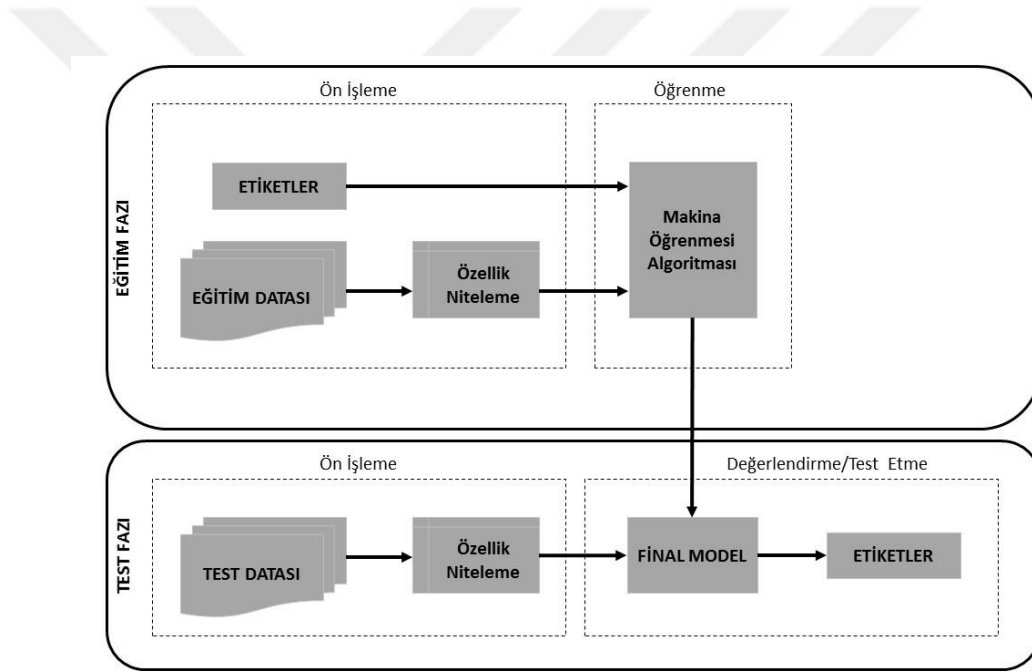
Python; data bilimi, mekanizma otomasyonu, machine learning(makine öğrenimi), arayüz ve web developman, blok zincir ve farklı pek çok alanda kullanılan altyapıya sahip bir yazılım dilidir.

Parçalı bir yapıya sahiptir ve açık kaynak kodludur. Bu sayede de farklı teknolojik altyapı ve solüsyonlarla basit bir şekilde bağ kurabilir, ilgili sisteme adapte olur. Program çalıştırılmadan önce makine yazılımına dönüştürülür. Bu da diğer işletim mekanizmalarında uygulamayı da daha esnek bir yapıya dönüştürür ve mobilitelik kazandırır. Global programlarla yazılım dili hususunda basitleştirilmiş ve sadeleştirilmiş bir zemin hazırlar.

Tüm bunlara ek olarak farklı uygulamalara çevik entegre olabilmek ve uygulamaya hazır hale gelme konusunda çok kapsamlı kütüphanelere sahiptir ve bu çalışma alanını genişletir.[26]

3.1.2. Python, Makine Öğrenmesi ve Görüntü İşleme Teknolojisi

Makine öğrenmesi teknolojik olarak yazılım dünyasında kavramsal bir altyapıdır. Makine öğrenmesi kavramı, genel itibarıyla hayatın pek çok alanında gözle görülmeyen ancak pek çok deneyimi doğrudan etki eden bir sistemdir. Makine öğrenmesiyle matematik, data madenciliği, yapay zekalı mekanizmalar, patern tespiti, görüntü işleme, robotik otomasyon gibi pek çok çeşitli kulvarda bağlantılı bir şekilde de kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları; danışmanlı – yarı danışmanlı – danışmansız - pekiştirmeli öğrenme olmak üzere 4'e bölünmektedir.



Şekil 3.1. Makine Öğrenmesi Genel Proses Şeması [26]

Makine öğrenmesi çalışmalarında adı geçen bazı terimler şu şekildedir;

- **Tespitler:** Bilgilenmek veya analiz etmek için bulundurulmuş her bir data birimidir. Örneğin; arka plan iş süreçlerinde tutulan her bir log kaydı tespittir.
- **Yetenekler:** Bir tespitin simgesi olan datalardır. Örneğin; log kayıtlarının ID numarası, tarihi gibi.
- **Etiketler:** Tespitlere yöneltilen gruplardır. Örneğin; uygundur – uygun değildir gibi.

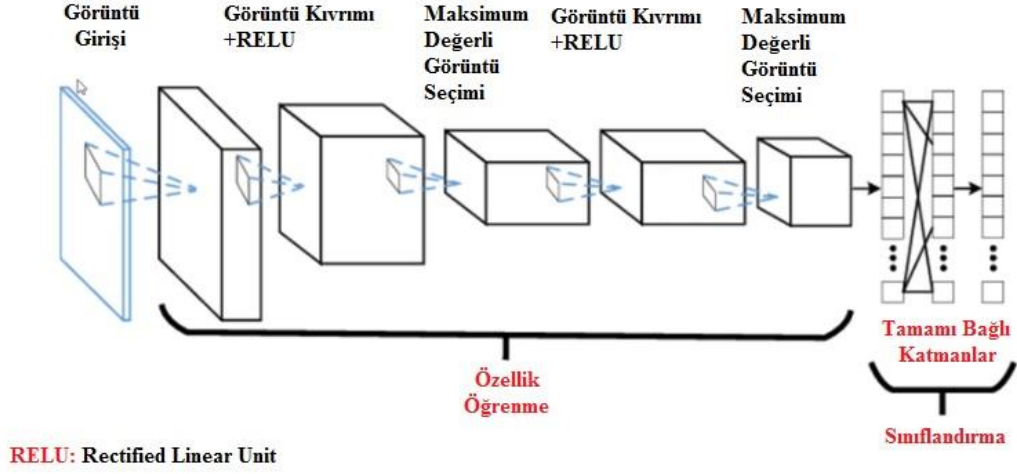
- **Öğretim Datası:** Algoritmanın bilgiyi özümsemi için paylaşılan tespitler sıralamasıdır. Algoritma bu datayı inceleyerek belirli neticeler ortaya koyar ve bir modelleme yapar. Örneğin; çok sayıda uygun-uygun değil şeklinde sınıflandırılmış tespit datası.
- **Deneme Datası:** Algoritmanın kendi için biçimlendirdiği modellemenin canlıya alım sürecine ne kadar dahil olabileceğini denemek için kullanılan data dizisidir. Örneğin; “uygun” şeklinde etiketlenen verinin bu duruma işaret edip etmediği bilinen ama saklanan, öğretim datasındakilerden farklı çok sayıda etiket tespiti.[26]

3.1.3. Python ve Görüntü İşleme

Görüntü işleme kuramından önce numerik görüntü kavramının netleştirilmesi elzemdir. Numerik görüntü; görüntülerin matematiksel ortam için ideal durum formuna girmiş şekilleri olarak ifade edilebilir. Bu noktada x-y parametreleri ve fonksiyon biçimleri sayılabilir ve tamsayıya bu görüntü, numerik görüntü şeklinde tanımlanır. Buna istinaden ölçümü yapılmış veya hafızaya alınmış olan dijital görüntü datalarına, yazılımlar ya da yazılım kodlama dilleriyle ile hedefe ideal biçimde kullanılan istatistiksel algoritmalar çalıştırılır. Python kapsamında da pek çok kütüphane ve algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmalarından birisi olan YOLO(You Only Look Once)'dur. [27]

3.1.4. YOLO Algoritması ve Görüntü İşleme

YOLO(You Only Look Once) algoritması konvolüsyonel sinir bağlantılarıyla obje saptaması gerçekleştirir. YOLO'nun diğerlerine nazaran daha çevik olmasının nedeni resmin bütünü bir defada sinirsel bir bağlantı yapısından taratıyor olmasıdır. YOLO görüntüler üstünden belirlediği objelerin etrafını sınırlayıcı kutuyla çevreler. YOLO input olarak gelen görüntüyü $M \times M$ çerçeveye ayırır. Bu çerçeveler $6 \times 6, 8 \times 8, 18 \times 18 \dots$ şeklinde olabilir. Her çerçeve kendi içinde obje testine girerek obje olup olmama sorgusuna girer. Objenin merkez hattına vakıf olduğuna hüküm veren çerçeve o objenin grubunu, boyunu ve enini tespit edip o objenin etrafına sınırlayıcı kutu çizmelidir. 1'den fazla çerçeve, objenin kendi içinde var olduğunu sorgulayabilir. Buna benzer bir anda ekranda gerek olmayan sınırlayıcı kutular meydana gelir. Tüm sınırlayıcı kutuların itimat skoru bulunur. Bunu önlemek için NMS algoritması uygulanır. Nihai olarak NMS algoritması görüntü üstünde yakalanan objeler için çizilen sınırlayıcı kutulardan itimat değeri maksimum olanı ekrana çizimini gerçekleştirir. [28]



Şekil 3.2. YOLO Algoritması Çalışma Sistemi [28]

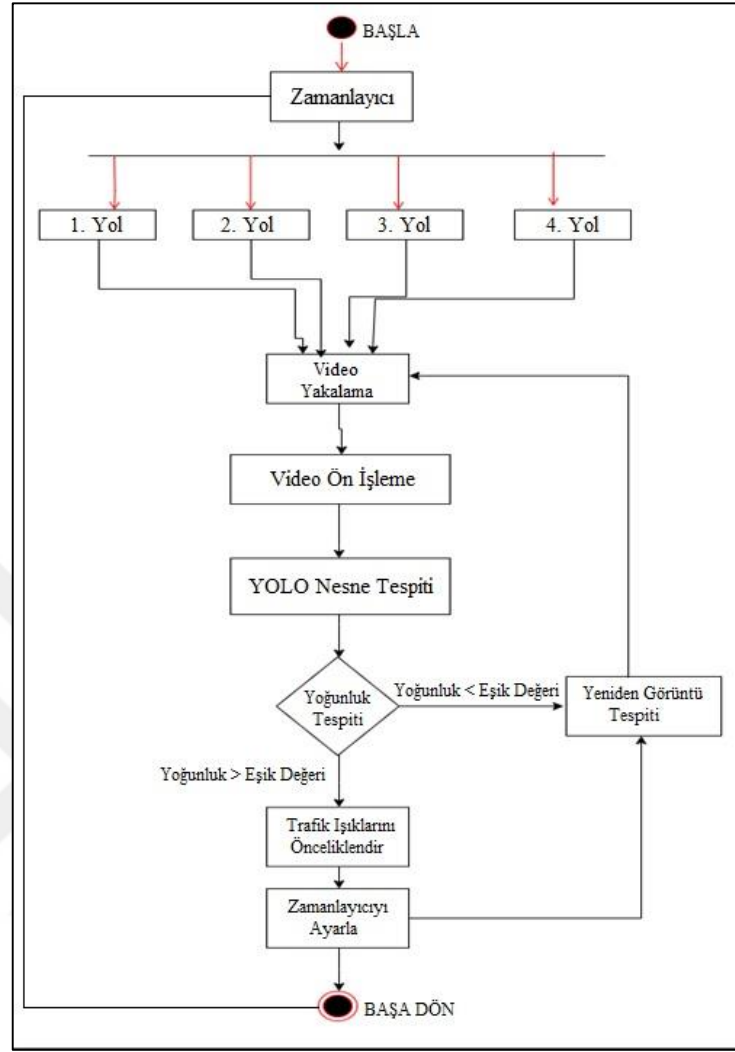
3.1.5. Otonom Sisteminin Temel Gereksinimleri

Varolan mevcut klasik trafik ışıkları yönetim sisteminin değiştirilerek otonom bir yapıyabüründürülmesi için bazı temel teçhizat ve teknolojik gereksinimleri vardır. Bu gereksinimler;

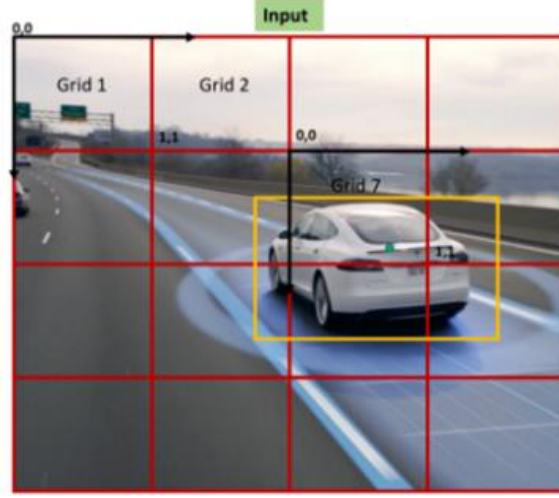
- Kavşaktaki her bir koldan gelen yola konumlandırılmak üzere yerleştirilecek 4 adet QROMAX marka IP kamera
- Python yazılım dilinde trafik ışıkları görüntü işleme entegrasyonu YOLO algoritması ve kod yapısı
- 1 adet Raspberry Pi. (**Raspberry Pi:** Bir bilgisayarın yapabildiği pek çok yeteneğe sahip kredi kartı büyüklüğündeki bir bilgisayardır.)
- Her bir Raspberry Pi'in birbiriyle haberleşmesini sağlamak, karar destek noktası olarak kullanılması ve haberleşmenin merkezinin kurgulanması için sunucular.
- Tek kartlı, bluetooth ve wi-fi entegrasyon yeteneği olan bilgisayarlar. Bu sistem; internet altyapısı uygun olmadığı için çok fazla veri akışını önleyerek adeta bir süzgeç görevi görerek hem veri hantallığını ortadan kaldırıyor hem de doğru verinin doğru şekilde iletimini sağlıyor.
- Data sim kartları; internet ağı bağlantısı ve sistemin doğru çalışabilmesi adına en önemli parçalardan biridir.
- Sim kart board; sim kart'ın takılacağı board'dur.

- Fizibilite çalışması; teçhizatların bir araya getirilmesi, kameraların konumlarının ayarlanması, yol yoğunluklarının gözlemlenmesi, menzil tahminlemesi ve kurgulanmasının yapılması.
- Test aşaması; tüm fiziksel gereksinimlerin yerine getirildiği varsayılarak gerçekleştirilen simülatif çalışmalar ve gözlem.





Şekil 3.3. Görüntü İşleme Araç Tespit Süreci

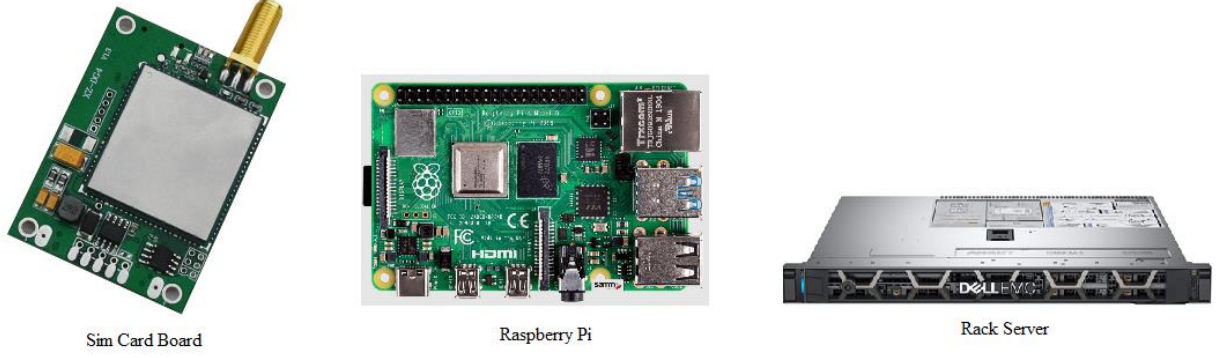


Şekil 3.4. YOLO ve Izgara Tespit Mekanizması [28]

3.1.6. Sistemin Entegrasyonu ve Genel Süreç Akışı

Sistemin çalışır duruma gelmesi adına yapılan fizibilite sonucunda belirlenen teçhizatların temini sonrasında gerçekleşecek süreç adımları şu şekilde olmalıdır;

- 1) Kameraların kavşaktaki 4 yol için de araç geliş yönüne ters ve geniş açıyla yerleştirilmesi.
- 2) Raspberry Pi ile kameraların haberleşme entegrasyonunun tamamlanması.
- 3) Ethernet kablosuyla Raspberry Pi kamerası bağlantısı.
- 4) Görüntü akışının Raspberry Pi işlemcisine işlenmesi.
- 5) Gerekli dataların sunucuya iletilmesi.(Anlık fotoğraf, araç sayısı analizi vs.) Bu noktada sayım işlemi yapılır. Ana bilgisayara verilen komut özelinde üst seviye araç sayısı belirlenir. Örneğin; 20 araç üst sınırdır, yoğunluk oluştuğunu tespit eder alarm üretir fotoğraf ile sunucuya iletir(Not: fotoğraf sonra da gidebilir)
- 6) Sunucu trafik ışıklarını otonom bir şekilde düzenlenmesi ve tetikleyerek ilgili trafik ışığını aktif diğerlerini in-aktif hale getirmesi.
- 7) 1 numaralı aşamaya geri dönülmesi



Şekil 3.5. Sim Card Board-Raspberry Pi-Rack Server [28]

3.2. SUMO SİMÜLATÖR VE PYTHON

2000 yılında tasarlanmaya başlanan "SUMO: Simulation of Urban Mobility" açık kaynaklı, mikroskopik ve çoklu modellemeye sahip bir trafik simülatörüdür. SUMO simülasyon programı temelde tekil araç akışlarından oluşan trafiğin belirli bir yol ağı üzerinde nasıl bir davranışa sahip olduğunu simüle etmeye olanak tanır. SUMO simülasyon programı çok sayıda trafik yönetim metodu konusunun ele alınmasını da sağlamaktadır. Bütünüyle mikroskopik olan bu simülatörde; her sistem bir şekilde modellenir, rotası çizilir ve belirlenen yol ağı üzerinden ayrı ayrı hareket eder. Simülasyonlar varsayılan olarak deterministiktir ancak rastgeleliği tanıtmak için çeşitli seçenekleri de vardır.

Genel itibariyle özellikleri şu şekildedir;

- Trafik simülasyonu hazırlamak ve gerçekleştirmek için gereken tüm uygulamaları içerir
- Geniş Kapsamlı Trafik Simülasyonu
- Ağ Verilerinin İçeri Aktarımı
 - VISUM, Vissim, Shapefiles vs.
- Araç Yönlendirme Fonksiyonları
 - Mikroskopik yol tasarımı – Her araca özel yol tasarımı
 - Farklı dinamik kullanıcı atama algoritmaları
- Çevik Mobilitelik
 - C++ ve açık kaynaklı kütüphanelerin kullanımı
 - Windows ana Linux dağıtımları için paketler mevcut olması
- Yalnızca XML verilerinin kullanımıyla yüksek verimli çalışma
- Açık kaynak kodlu yazılım (EPL 2.0)

SUMO simülasyon programı kullanım alanları ise;

- Trafik ışıkları optimizasyonu
- Rota seçimi ve yeniden yönlendirme
- Trafik gözetim yöntemlerinin değerlendirilmesi
- Araç iletişim simülasyonu
- Trafik tahminlemesi

3.3. SİMÜLASYON UYGULAMASI

Bu simülasyon çalışmasında bir kavşak trafik modellemesi yapılarak rassal olarak gelen araçların farklı yoğunluklardaki trafik akışının incelemesi ve optimizasyonu yapılmıştır. Karşılaştırmalı analiz çalışmasının yapıldığı bu projede; geleneksel trafik ışık yönetimi ile birlikte görüntü işleme teknolojisi ile trafik ışıklarının yönetimi karşılaştırması gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda geleneksel trafik ışıkları yönetim sistemi dışında 4 katmanlı trafik yoğunlukları simüle edilerek 7 ayrı parametredeki sonuçlar test edilmiştir. Test edilen bu parametreler; kavşaktan geçen toplam araç sayısı, süreye bağlı kavşaktaki anlık araç sayısı, kavşaktan geçen araçların ortalama hızı, ortalama seyahat durma süresi, ortalama seyahat bekleme süresi, seyahatte kaybedilen ortalama süre ve ortalama seyahat hızıdır.

Simülasyonun temel çalışma prensibi; kavşaktaki her bir yol için kurulan trafik ışıklarının önündeki belirli bir mesafeye araç tespit sensörü koyularak, trafik sensörü ve trafik ışıkları arasında kalan bölgede oluşan araçların sayımı gerçekleşir ve sonrasında her bir yoldaki araç yoğunluğu en fazla olan kısma geçiş önceliği verilmesi için trafik ışıkları tetiklenir. Bu sayede araç yoğunluğu ve trafik akış hızındaki değişimler gözlemlenmiştir. Araçlar sayıları ve birim zamanda rassal olarak gelmekle beraber; araç yoğunlukları ve gerçek zamana entegre hız arttırımı yapılabilir. Bu simülasyon çalışmasının yapılması için SUMO simülasyon programı Linux tabanlı işletim sistemi olan Ubuntu’da kurularak kullanılmıştır. Yazılan Python kodunun çalıştırılması ile birlikte SUMO simülasyon programı otomatik olarak başlar ve sistem çalışmaya başlar.

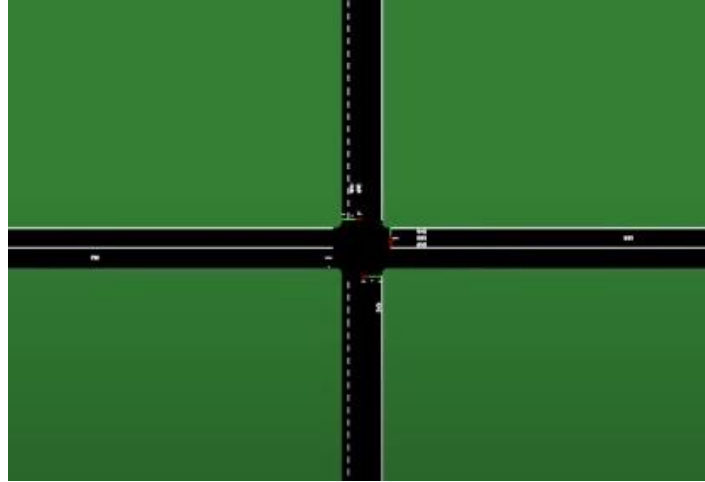
```

Loading configuration ... done.
Traceback (most recent call last):
  File "runner.py", line 87, in <module>
    main()
  File "runner.py", line 71, in main
    traci.simulationStep()
  File "/usr/share/sumo/tools/traci/main.py", line 227, in simulationStep
    return _connections[0].simulationStep(step)
  File "/usr/share/sumo/tools/traci/connection.py", line 308, in simulationStep
    result = self._sendCmd(tc.CMD_SIMSTEP, None, None, "D", step)
  File "/usr/share/sumo/tools/traci/connection.py", line 181, in _sendCmd
    return self._sendExact()
  File "/usr/share/sumo/tools/traci/connection.py", line 91, in _sendExact
    raise FatalTraciError("connection closed by SUMO")
traci.exceptions.FatalTraciError: connection closed by SUMO
hsryzen@hsryzen1:~/Desktop/Intelligent-Intersection/Intelligent_lights$ python3 runner.py
Retrying in 1 seconds
Loading configuration ... done.

```

Şekil 3.6. Python Kodu ile SUMO'nun Başlatılması

SUMO simülasyon programı başlatıldıktan sonra otomatik olarak sistem çalışmaya başlar. Çalışmaya başlayan simülasyon programında kendi içinde sahip olduğu parametreler bulunurken, bu parametrelerden bazılarını da simülasyon devam ederken müdahale edilebilmektedir.



Şekil 3.7. SUMO Kavşak Simülasyonu

Şekil 3.10.'da görüldüğü üzere otomatik olarak kavşak yol tasarımı, trafik ışıkları ve araçlar otomatik olarak kurgulanmış bir şekilde belirlenmektedir. En başından en sonuna araçlar rassal olarak gelmektedir.

SUMO simülasyon programı açıldığında Şekil 3.10.'daki ekran gelmekle beraber, ekranın üstünde Şekil 3.11.'de görüldüğü üzere; gerçek zaman takibi **“Time”** bölümünden, araç akış hızı milisaniye cinsinden **“Delay”** bölümünden ve araç yoğunluk skalası da **“Scale Traffic”** bölümünden kontrol edilebilmektedir.

Bu noktada “Delay” kısmına müdahale edilerek artış yapıldığında gerçek birim zamanda simülasyon çalışma hızı da artacaktır. Aynı şekilde “Scale Traffic” bölümünden de trafik yoğunlukları manuel olarak seçilip artış ve azalış olarak müdahale edilebilmektedir.



Şekil 3.8. SUMO Trafik Parametreleri

SUMO simülasyon programı çalışmaya başladığında 5 farklı seçenek üzerinden gerçek zamanlamada 60 dakikaya tekabül edecek karşılaştırmalı analiz ve gözlemlene yapılmıştır;

- 1) Geleneksel trafik ışıkları sistemi ile simülasyon (Delay:500 ms / Scale Traffic:1)
- 2) Akıllı trafik ışıkları sistemi ile simülasyon(Delay:500 ms / Scale Traffic:1)
- 3) Akıllı trafik ışıkları sistemi ile simülasyon(Delay:500 ms / Scale Traffic:3)
- 4) Akıllı trafik ışıkları sistemi ile simülasyon(Delay:500 ms / Scale Traffic:6)
- 5) Akıllı trafik ışıkları sistemi ile simülasyon(Delay:500 ms / Scale Traffic:9)

Geleneksel trafik ışıkları sistemi 1. Derece trafik yoğunluk skalası ile çalıştırılarak sonuçları incelenmiştir. Geniş kapsamlı sonuçlar elde edebilmek adına akıllı trafik ışıkları sisteminde trafik yoğunluk skalaları sırasıyla 1, 3, 6 ve 9 olarak alınmıştır.

Bu noktada “Delay” 500 ms’de sabit tutularak saniye cinsinden 0.5 saniyeye denk gelirken, “Time” zamanlamasına oranı ile gerçek zamanlı değere ulaşılır. Basit bir hesaplamayla $\text{Time/Delay(s)}/60(\text{s})$ formülizasyonu bize gerçek zamanlı değeri dakika cinsinden vermektedir. 500 ms olan “Delay” parametresi saniye cinsinden 0.5 saniyeye denk gelmektedir. Bütün gözlem çalışmalarının tamamında “Time” 1800 alınarak; $1800/0.5/60=60$ dakika üzerinden hesaplanmıştır. Kısacası tüm gözlem çalışmaları gerçek zamanlı olarak 1 saatlik zaman dilimi çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Şekil 3.12.'de görüldüğü üzere kavşaktaki her bir yol için trafik ışıklarına belirli bir mesafede araç sayım sensörü uygulanmıştır. Bu sistem görüntü işleme teknolojisinin uygulanması ile tamamiyle eşdeğer olarak kurgulanmıştır. Ek olarak; araç sayım sensörü ile trafik ışıkları arasında kalan alandaki araçlar sensörün sayım yapmış olduğu araç sayılarına işaret etmektedir. Bu sistem tıpkı görüntü işleme teknolojisindeki belirli bir menzile odaklı alandaki araçların sayımının gerçekleşmesi ile aynı mantığı yansıtmaktadır.

Kavşaktaki her bir yoldan gelen araçlar trafik ışıklarına belirli mesafede konumlandırılan araç sayım sensörü ile araç sayımını gerçekleştirerek, en yoğun trafik akışına sahip yola öncelik vermektedir. Aynı zamanda bu sistem dinamik olarak sürekli çalışmaktadır. Sistem bu şekilde hem proaktif hem de dinamik bir yapıda eş zamanlı olarak çalışmaktadır.



Şekil 3.9. Kavşakta Uygulanan Akıllı Trafik Işıkları Sistemi

3.3.1. Kullanılan Sözde Python Kodu

- 1) runner.py [Programı başlat]
- 2) sayacN **Eşittir** sayacN + 1 [**N**: Sensör numarası, **+1**: Her aracın geçişi ile arttır]
- 3) **Eğer** sayacN **Eşitse** limitArac{communicateEachOther}
- 4) **Eğer** Order **Eşitse** sayacN ve sayacN **Eşitse** enable(sayacN)
- 5) reRun allLight [Tüm ışıkların statüsünü kontrol et]
- 6) **Eğer** greenlightN **Eşitse** enable **Sonra** changeLight(greenlightN)
- 7) Timer.start [Zamanlayıcıyı başlat]
- 8) **Eğer** Timer **Eşitse** requireTime **Sonra** greenlightN **Eşittir** disable **Sonra** changeLight(greenlightN)
- 9) continueListen [Fonksiyonu takip etmeye devam et]

4. BULGULAR

4.1.OTONOM SİSTEMİN SİMÜLASYONU VE OPTİMİZASYONU

İlk etapta geleneksel yöntem olan klasik sabit zamanlı trafik ışıkları yönetim sisteminin simülasyonu yapılarak, olağan trafik akışının durum tespiti yapılmıştır. Daha sonrasında sırasıyla akıllı trafik ışıkları sistemi uygulamasının simüle edildiği çalışmalarda trafik yoğunluk derecesi olan **“Scale Traffic”** değerleri **1, 3, 6** ve **9** alınarak ortaya çıkan değerler üzerinden karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Tablo 4.1. – Tablo 4.2 – Tablo 4.3 – Tablo 4.4. ve Tablo 4.5’de görüldüğü gibi 7 farklı parametrede veriler elde edilmiştir.

- **“Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı”** birim zamana bağlı ve seçilen yoğunluk derecesine göre tamamen rassal olarak gelmektedir.
- **“Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı”** gerçek zamana bağlı 60 dakikalık simülasyon tamamlandığında o anda kavşaktaki toplam araç sayısına eşittir.
- **“Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı”** ise metre/saniye cinsinden kavşaktaki araçların 60 dakikalık zaman diliminde ortalama hızlarına eşittir.
- **“Ortalama Seyahat Durma Süresi”** araçların kavşaklardan standart geçiş sürelerine nazaran ortalama durma süresine eşittir.
- **“Ortalama Seyahat Bekleme Süresi”** ortalama olarak toplam trafiğin ortalama kırmızı ışıkta bekleme süresine eşittir.
- **“Seyahatte Kaybedilen Ortalama Zaman”** ise normalde geçiş güzergahında olması gereken geçiş süresine göre kaybedilen süreye eşittir.
- **“Ortalama Seyahat Hızı”** da toplam trafiğin kavşak dahil simülasyonda belirlenen alandaki ortalama hızına eşittir.

Tablo 4.1.'deki çıktılar; ilk simülasyon çalışmasında trafik yoğunluk derecesi olan “Scale Traffic: 1” şeklinde baz alınarak çalıştırılarak elde edilmiştir. Simülasyon gerçek zamana uyarlanarak 60 dakikaya tekabül edecek şekilde ve geleneksel sabit zamanlı standart trafik ışıkları sistemine göre çalıştırılmıştır.

Parametre	Değer
Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı	850
Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı	46
Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı(m/s)	9.34
Ortalama Seyahat Durma Süresi(s)	79.92
Ortalama Seyahat Bekleme Süresi(s)	11.06
Seyahatte Kaybedilen Ortalama Zaman(s)	26.11
Ortalama Seyahat Hızı(m/s)	11.17

Tablo 4.1. Geleneksel Trafik Işıkları Verileri

Tablo 4.2.'deki çıktılar; ilk simülasyon çalışmasında trafik yoğunluk derecesi olan “Scale Traffic: 1” şeklinde baz alınarak çalıştırılarak elde edilmiştir. Simülasyon gerçek zamana uyarlanarak 60 dakikaya tekabül edecek şekilde ve geleneksel sabit zamanlı standart trafik ışıkları sistemine göre çalıştırılmıştır.

Parametre	Değer
Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı	871
Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı	35
Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı(m/s)	12.59
Ortalama Seyahat Durma Süresi(s)	74.42
Ortalama Seyahat Bekleme Süresi(s)	8.15
Seyahatte Kaybedilen Ortalama Zaman(s)	20.60
Ortalama Seyahat Hızı(m/s)	12

Tablo 4.2. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 1

Tablo 4.3.’deki çıktılar; ilk simülasyon çalışmasında trafik yoğunluk derecesi olan “Scale Traffic: 3” şeklinde baz alınarak çalıştırılarak elde edilmiştir. Simülasyon gerçek zamana uyarlanarak 60 dakikaya tekabül edecek şekilde ve geleneksel sabit zamanlı standart trafik ışıkları sistemine göre çalıştırılmıştır.

Parametre	Değer
Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı	910
Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı	30
Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı(m/s)	14.21
Ortalama Seyahat Durma Süresi(s)	71.59
Ortalama Seyahat Bekleme Süresi(s)	7.32
Seyahatte Kaybedilen Ortalama Zaman(s)	17.82
Ortalama Seyahat Hızı(m/s)	12.46

Tablo 4.3. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 2

Tablo 4.4.’deki çıktılar; ilk simülasyon çalışmasında trafik yoğunluk derecesi olan “Scale Traffic: 6” şeklinde baz alınarak çalıştırılarak elde edilmiştir. Simülasyon gerçek zamana uyarlanarak 60 dakikaya tekabül edecek şekilde ve geleneksel sabit zamanlı standart trafik ışıkları sistemine göre çalıştırılmıştır.

Parametre	Değer
Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı	921
Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı	42
Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı(m/s)	10.65
Ortalama Seyahat Durma Süresi(s)	73.48
Ortalama Seyahat Bekleme Süresi(s)	7.94
Seyahatte Kaybedilen Ortalama Zaman(s)	19.69
Ortalama Seyahat Hızı(m/s)	10.15

Tablo 4.4. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 3

Tablo 4.5.'deki çıktılar; ilk simülasyon çalışmasında trafik yoğunluk derecesi olan “Scale Traffic: 9” şeklinde baz alınarak çalıştırılarak elde edilmiştir. Simülasyon gerçek zamana uyarlanarak 60 dakikaya tekabül edecek şekilde ve geleneksel sabit zamanlı standart trafik ışıkları sistemine göre çalıştırılmıştır.

Parametre	Değer
Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı	935
Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı	47
Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı(m/s)	9.65
Ortalama Seyahat Durma Süresi(s)	75.60
Ortalama Seyahat Bekleme Süresi(s)	9.51
Seyahatte Kaybedilen Ortalama Zaman(s)	21.01
Ortalama Seyahat Hızı(m/s)	9.87

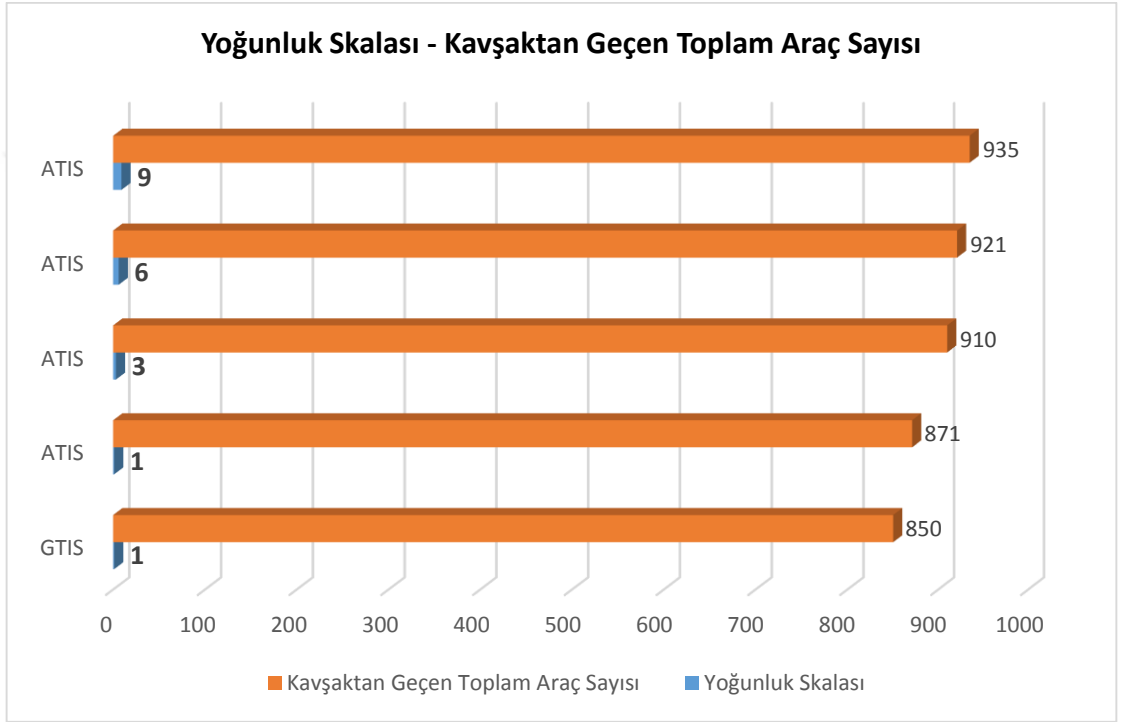
Tablo 4.5. Akıllı Trafik Işıkları Verileri – 4

Tablo 4.6.'da GTIS ve ATIS simülasyon çalışmaları sonucunda elde edilen veriler listelenmiştir. Araçlar rassal olarak geldiği için araç sayıları da rassal olarak verilere yansımıştır. ATIS mevcut sistemle karşılaştırılmasının net olarak ortaya koyulabilmesi için GTIS ile gerçekleştirilen simülasyon çalışmasında araç yoğunluk skalası en düşük olan 1. kademe olarak seçilmiştir. ATIS'nde ise araç yoğunluk skalası 1-3-6-9 şeklinde kademeli olarak artırılarak sonuçları gözlemlenmiştir.

GTIS: Geleneksel Trafik Işıkları Sistemi ATIS: Akıllı Trafik Işıkları Sistemi									
Yöntem	Süre (dk)	Yoğunluk Skalası	Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı	Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı	Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı (km/h)	Ortalama Seyahat Durma Süresi (s)	Ortalama Seyahat Bekleme Süresi (s)	Seyahatte Kaybedilen Ortalama Süre(s)	Ortalama Seyahat Hızı (km/h)
GTIS	60	1	850	46	34	79.92	13.06	26.11	40
ATIS	60	1	871	35	45	64.42	8.15	20.6	47
ATIS	60	3	910	30	51	60.59	6.32	17.82	51
ATIS	60	6	921	42	38	70.48	10.78	20.69	45
ATIS	60	9	935	47	35	77.6	12.94	24.01	42

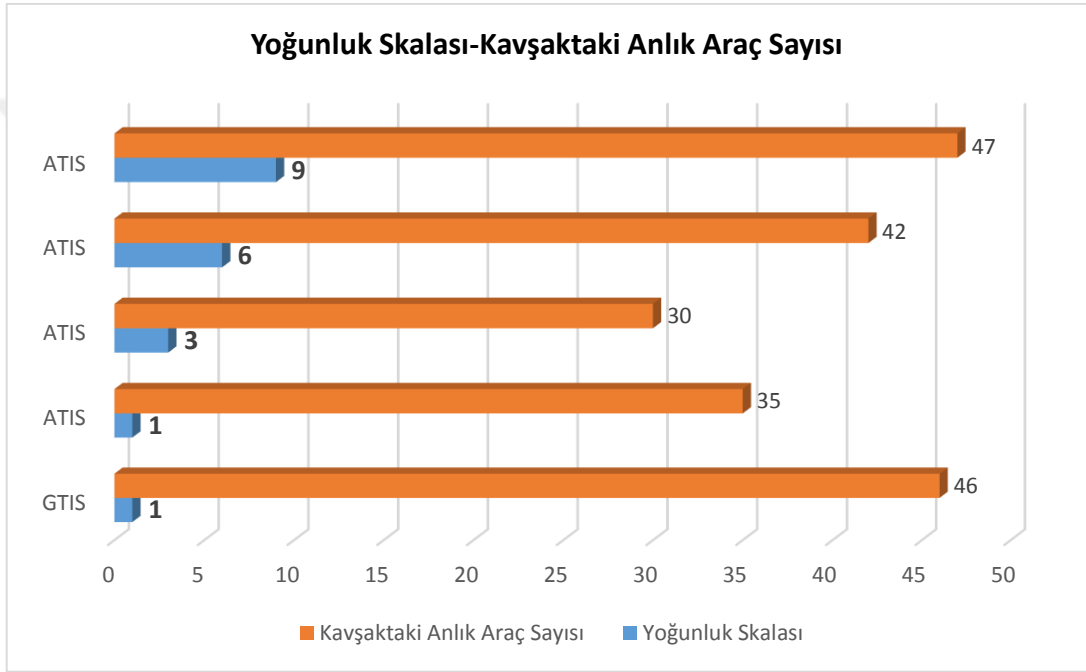
Tablo 4.6. GTIS ve ATIS Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları

Şekil 4.1.'de Yoğunluk Skalası GTIS’de 1. kademede sabit tutularak ATIS için sırasıyla 1-3-6-9 kademelerinde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının “Kavşaktan Geçen Toplam Araç Sayısı” sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında GTIS de dahil olmak üzere trafik yoğunluğunun artmasına bağlı olarak simülasyondaki birim zamanda kavşaktan geçen toplam araç sayısında da artış görülmüştür.



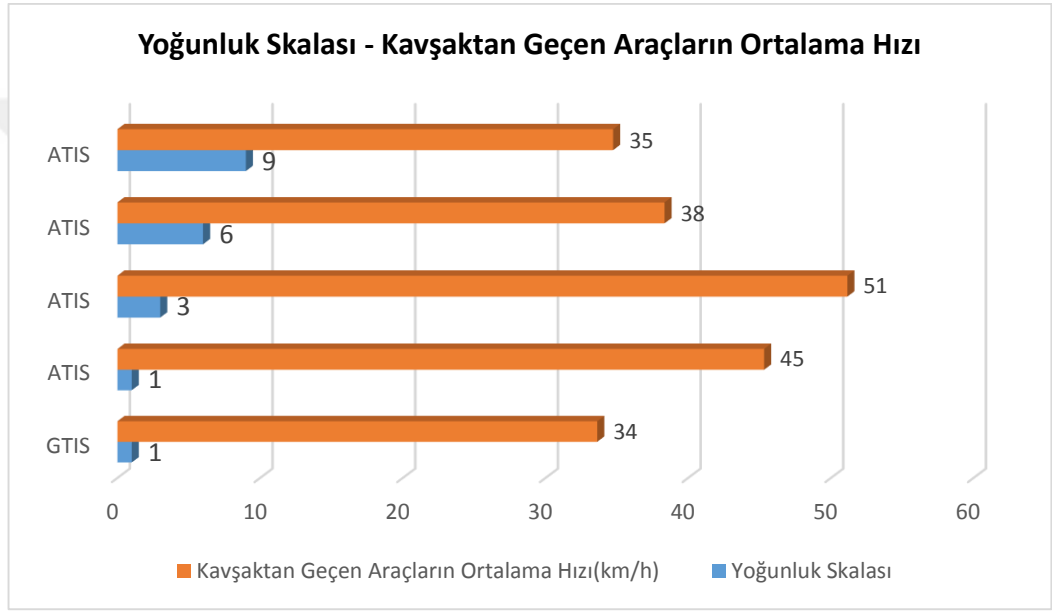
Şekil 4.1. Yoğunluk Skalası ve Toplam Araç Sayısı Analizi

Şekil 4.2.'de Yoğunluk Skalası GTIS’de 1. kademede sabit tutularak ATIS için sırasıyla 1-3-6-9 kademelerinde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının “Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı” sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında GTIS’de ilk etapta 46 olan araç sayısı, ATIS’nin devreye girmesiyle sırasıyla 35 ve 30’a düşerek azalış göstermiş ancak trafik yoğunluğunun 6. kademeye alınmasıyla birlikte kavşaktaki anlık araç sayısında sırasıyla 42 ve 47’ye çıkarak artış olduğu gözlemlenmiştir.



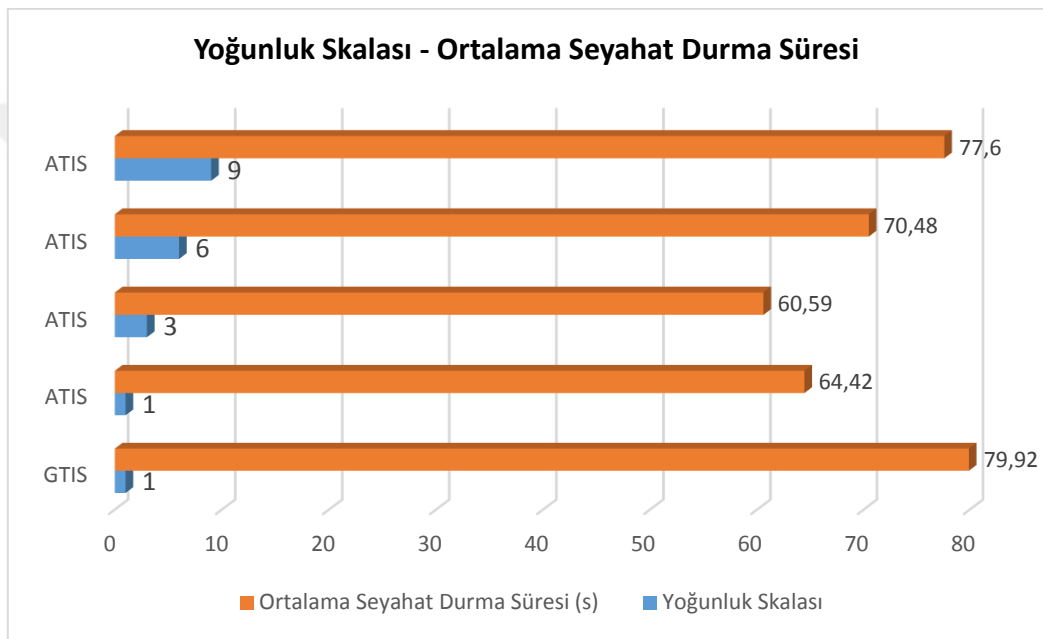
Şekil 4.2. Yoğunluk Skalası ve Kavşaktaki Anlık Araç Sayısı Analizi

Şekil 4.3.'de Yoğunluk Skalası GTIS'de 1. kademede sabit tutularak ATIS için sırasıyla 1-3-6-9 kademelerinde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının “Kavşaktan Geçen Araçların Ortalama Hızı” sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında ilk etapta 34 km/h olan ortalama araç hızı, ATIS'nin devreye girmesiyle sırasıyla 45 km/h ve 51 km/h'e kadar artış göstermiş ancak trafik yoğunluğunun 6. kademeye alınmasıyla birlikte kavşaktan geçen araçların ortalama hızında 38 km/h ve 35 km/h'e kadar düşüş olduğu gözlemlenmiştir.



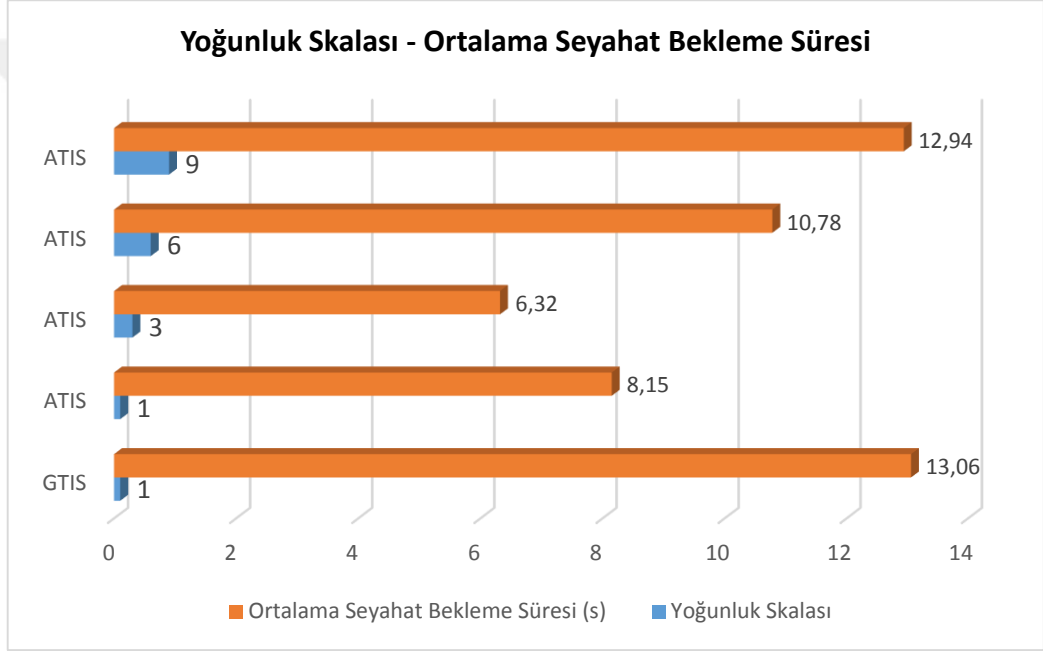
Şekil 4.3. Yoğunluk Skalası ve Araçların Ortalama Hızı Analizi

Şekil 4.4.'de Yoğunluk Skalası GTIS’de 1. kademede sabit tutularak ATIS için sırasıyla 1-3-6-9 kademelerinde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının “Ortalama Seyahat Durma Süresi” sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında ilk etapta 79.92 saniye olan bu süre, ATIS’nin devreye girmesiyle sırasıyla 64.42 saniye ve 60.59 saniyeye düşerek azalış göstermiş ancak trafik yoğunluğunun 6. kademeye alınmasıyla birlikte ortalama seyahat durma süresinde sırasıyla 70.48 saniye ve 77.6 saniyeye çıkarak artış olduğu gözlemlenmiştir.



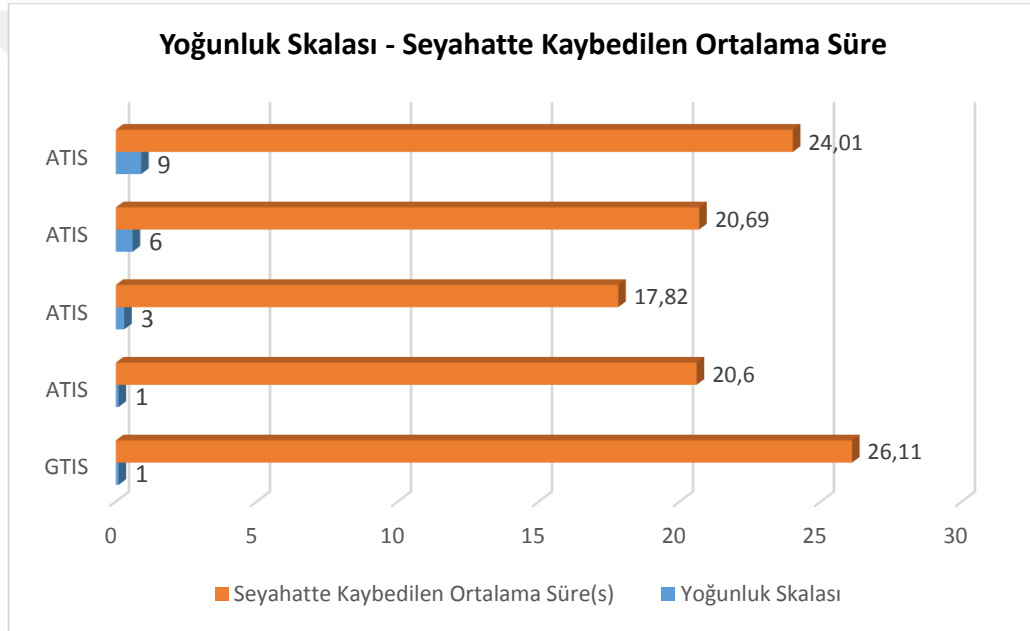
Şekil 4.4. Yoğunluk Skalası ve Ortalama Seyahat Durma Süresi Analizi

Şekil 4.5.'de Yoğunluk Skalası GTIS'de 1. kademede sabit tutularak ATIS için sırasıyla 1-3-6-9 kademelerinde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının “Ortalama Seyahat Bekleme Süresi” sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında ilk etapta 13.06 saniye olan bu süre, ATIS'nin devreye girmesiyle sırasıyla 8.15 saniye ve 6.32 saniyeye düşerek azalış göstermiş ancak trafik yoğunluğunun 6. kademeye alınmasıyla birlikte ortalama seyahat bekleme süresinde sırasıyla 10.78 saniye ve 12.94 saniyeye çıkarak artış olduğu gözlemlenmiştir.



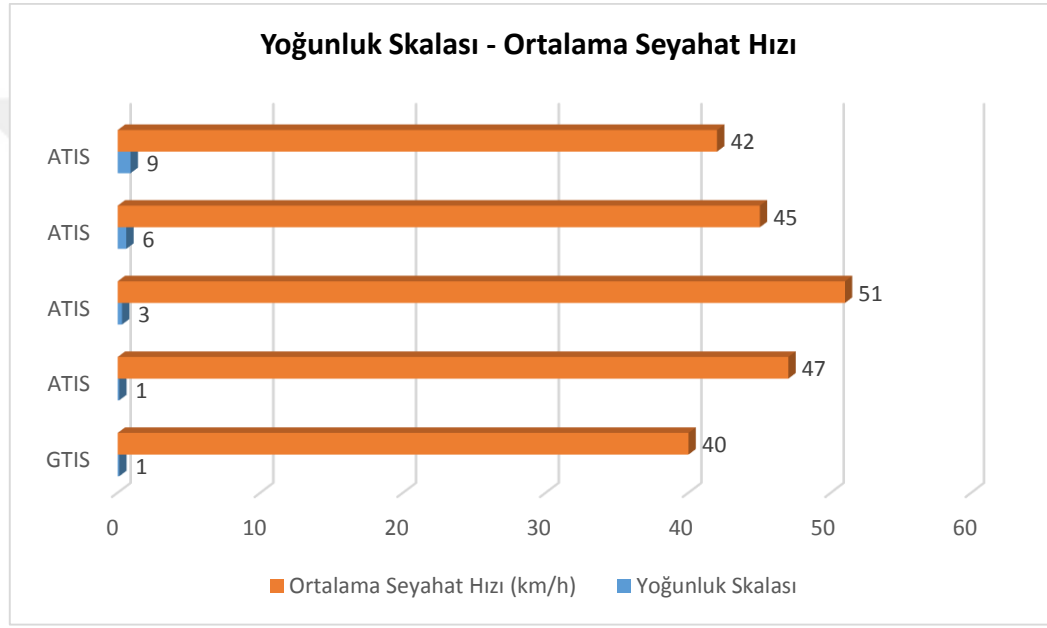
Şekil 4.5. Yoğunluk Skalası ve Ortalama Seyahat Durma Süresi Analizi

Şekil 4.6.'de Yoğunluk Skalası GTIS'de 1. kademede sabit tutularak ATIS için sırasıyla 1-3-6-9 kademelerinde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının “Seyahatte Kaybedilen Ortalama Süre” sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında ilk etapta 26.11 saniye olan bu süre, ATIS'nin devreye girmesiyle sırasıyla 20.6 saniye ve 17.82 saniyeye düşerek azalış göstermiş ancak trafik yoğunluğunun 6. kademeye alınmasıyla birlikte seyahatte kaybedilen ortalama sürede sırasıyla 20.69 saniye ve 24.01 saniyeye çıkarak artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6. Yoğunluk Skalası ve Seyahatte Kaybedilen Ortalama Süre Analizi

Şekil 4.7.'de Yoğunluk Skalası GTIS'de 1. kademede sabit tutularak ATIS için sırasıyla 1-3-6-9 kademelerinde gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının “Ortalama Seyahat Hızı” sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında ilk etapta 40 km/h olan ortalama seyahat hızı, ATIS'nin devreye girmesiyle sırasıyla 47 km/h ve 51 km/h hıza çıkarak artış göstermiş ancak trafik yoğunluğunun 6. kademeye alınmasıyla birlikte ortalama seyahat hızında sırasıyla 45 km/h ve 42 km/h hıza düşerek azalış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7. Yoğunluk Skalası ve Ortalama Seyahat Hızı Analizi

Özet olarak; tüm verilere bakıldığında GTIS 1. kademe trafik yoğunluğu yani minimum araç yoğunluğunun olduğu sisteme nazaran ATIS devreye girdiğinde tüm verilere bakıldığında çeşitli hız ve sürelerle bağlı olarak verim elde edilmiştir. Ancak bu verimin 1. Ve 3. kademe trafik yoğunluğu için geçerli olduğunu söyleyebiliriz. Buradan çıkarılacak temel sonuç da gerçek zamana uyarlanmış simülasyon sisteminde 60 dakikaya tekabül eden birim zamanda 3. kademe trafik yoğunluğunda kavşaktan geçen toplam araç sayısı 910 adet olurken bundan sonraki süreçte trafik yoğunluk ve araç sayısındaki artıştan dolayı sistemde aksaklıklar gözlemlendiği görülmüştür. Kısacası, kavşaktan saatte geçen ortalama 910 adet araca kadar ATIS'nin verimliliği en yüksek noktaya ulaşmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında Akıllı Ulaşım Sistemleri'nin Akıllı Şehir kavramı ile bütünleşmesi ve ülke vatandaşlarının bulunmuş olduğu lokasyonlardan bağımsız bir şekilde tamamen olumlu bir deneyim yaşamaları adına bütünleşmesinin önemi vurgulanmıştır. Günümüzde bu alanda pek çok akademik çalışma ve proje gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de özellikle 2019 yılı itibariyle bu alanda önemli somut adımlar atılmıştır.

Akıllı Ulaşım Sistemleri'nin doğru bir şekilde anlaşılıp tamamen insan odaklı bir deneyim tasarımı yapılması kaçınılmazdır. Yapılan çalışmaların olumlu deneyim kapsamındaki en önemli iki unsur; insan ve çevredir. İnsanların trafikten en önemli beklentisi minimum trafik yoğunluğu yaşamak ve oluşabilecek kazalardan çeşitli uygulamalarda önlenmesi ve hiç yaşanmaması. Çevresel olarak araçların bünyesinden doğaya salınan zararlı gazların uzun vadede doğaya ve kentlerde yaşayan insanların sağlıkları anlamında olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında Otonom Trafik Yönetim Sistemi'nin önemi kendini fazlasıyla ön plana çıkarmaktadır. Gerçekleştirilmiş olan bu tez çalışmasında Geleneksel Trafik Işıkları Sistemi ile görüntü işleme teknolojisinin sağladığı Otonom Trafik Işıkları Sistemi'nin farklarının tespiti üzerine durulmuştur. Gerçekleştirilmiş olan simülasyon projesinde, görüntü işleme teknolojisinin varsayıldığı bir kurguda çalışma yapılmış ve projenin sonunda detaylı analizler yapılmıştır.

Ortaya çıkan sonuçlarda Geleneksel Trafik Işıkları Sistemi'nin en düşük trafik yoğunluğuna sahip olduğu kurgusu ile giderek artan 4 farklı trafik yoğunluğu kademesinde karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan tüm analizlerde seçili kavşaktan ortalama 60 dakikada geçen araç sayısı 910'dan fazla olduğu noktada hız ve süre bakımından elde edilen verimde düşüş gözlemlenmiştir. Dolayısıyla 1. ve 3. kademe trafik yoğunluğunda verim elde edilirken 6. Ve 9. kademe trafik yoğunluklarında görüntü işleme teknolojisinin artan araç sayısı ve trafik yoğunluğu karşısında hız ve süre bakımından elde edilen verimde düşüş gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak günün en yoğun saatleri olan 08:00 – 17:00 mesai saati aralıkları düşünülerek saatlik ortalama 910 adetlik araç sayısı için bu sistem önerilirken, 911 ve üzeri saatlik ortalama araç geçişi olan kavşaklarda bu sistemin uygulanması önerilmemektedir.

KAYNAKLAR

- [1].Chowdhury, M., & Dey, K. (2016). Intelligent transportation systems-a frontier forbreaking boundaries of traditional academic engineering disciplines[education]. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 8(1), 4-8.
- [2].An, S. H., Lee, B. H., & Shin, D. R. (2011, July). A survey of intelligenttransportation systems. In 2011 Third International Conference on ComputationalIntelligence, Communication Systems and Networks (pp. 332-337). IEEE.
- [3].TEKTAŞ204, Mehmet, and Necla TEKTAŞ205. "Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) Uygulamalarının Sektörel Dağılımı ve Analizi." INTERNATIONAL APPLIED SOCIAL SCIENCES CONGRESS (IASOS). 2017.
- [4].Auer, A., Feese, S., & Lockwood, S. (2016). History of Intelligent Transportation Systems. In U.S. Department of Transportation Intelligent Transportation Systems Joint Program Office.
- [5].Davis,G., Contresas,M., Medina, J., 2000: Ramp Meter Design Manual, Traffic Operation Program, Department of California Highway Patrol, January 2000.
- [6].Zheng, F., Du, Y., Sun, L., 2009: ALINEA-Based Urban Expressway On-ramp Local Metering Strategy, ICCTP 2009: Critical Issues in Transportation Systems Planning, Development, and Management, 2009, ASCE.
- [7].Kent, E. 2018. Endüstri 4.0'dan Toplum 5.0'a. <https://www.endustri40.com/endustri4-0dan-toplum-5-0a/> (Erişim tarihi: 08.01.2019).
- [8].UDHB. 2013a. Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri.
- [9].Tomecki, AB, K Yushenko and A Ashford (2016) Considering a cost–benefit analysis framework for intelligent transport systems. NZ Transport Agency research report ,2016.
- [10].Tektaş, M., Korkmaz, K., Erdal, H. (2016). Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geleceği(Ekonomik ve Çevresel Faydaları). Balkan Sosyal Bilimler Dergisi , 561-577.
- [11].Younes, M. B., & Boukerche, A. (2018). An efficient dynamic traffic light scheduling algorithm considering emergency vehicles for intelligent transportation systems. Wireless Networks, 24(7), 2451-2463.
- [12].Rida, N., Ouadoud, M., & Hasbi, A. (2020). Traffic Signal Control for a Single Intersection-Based Intelligent Transportation System. In Digital Transformation and Innovative Services for Business and Learning (pp. 159-180). IGI Global.
- [13].De Neufville, R., Hodota, K., Sussman, J., & Scholtes, S. (2008). Real options to increase the value of intelligent transportation systems. Transportation research record, 2086(1), 40-47.
- [14].Alam, M., Ferreira, J., & Fonseca, J. (2016). Introduction to intelligent transportation systems. In Intelligent transportation systems (pp. 1-17). Springer, Cham.

- [15].Wang, F. Y. (2010). Parallel control and management for intelligent transportation systems: Concepts, architectures, and applications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 11(3), 630-638.
- [16].Kong, F., Zhou, Y., & Chen, G. (2020). Multimedia data fusion method based on wireless sensor network in intelligent transportation system. *Multimedia Tools and Applications*, 79(47), 35195-35207.
- [17].Zhou, Y., Chowdhury, M., Wang, K. C., & Dey, K. (2013). Evaluation of wireless communication performance between adjacent nodes for intelligent transportation systems applications (No. 13-3942).
- [18].Alam, M., Ferreira, J., & Fonseca, J. (2016). Introduction to intelligent transportation systems. In *Intelligent transportation systems* (pp. 1-17). Springer, Cham.
- [19].Olayode, I. O., Tartibu, L. K., Okwu, M. O., & Uchechi, U. F. (2020). Intelligent transportation systems, un-signalized road intersections and traffic congestion in Johannesburg: a systematic review. *Procedia CIRP*, 91, 844-850.
- [20].Al-Dweik, A., Muresan, R., Mayhew, M., & Lieberman, M. (2017, April). IoT-based multifunctional scalable real-time enhanced road side unit for intelligent transportation systems. In *2017 IEEE 30th Canadian conference on electrical and computer engineering*.
- [21].Dubey, A., Lakhani, M., Dave, S., & Patoliya, J. J. (2017, December). Internet of Things based adaptive traffic management system as a part of Intelligent Transportation System (ITS). In *2017 International Conference on Soft Computing and its Engineering*.
- [22].Novikov, A., Novikov, I., & Shevtsova, A. (2018). Study of the impact of type and condition of the road surface on parameters of signalized intersection. *Transportation research procedia*, 36, 548-555.
- [23].Aslani, M., Mesgari, M. S., & Wiering, M. (2017). Adaptive traffic signal control with actor-critic methods in a real-world traffic network with different traffic disruption events. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 85, 732-752.
- [24].Jeon, H., Lee, J., & Sohn, K. (2018). Artificial intelligence for traffic signal control based solely on video images. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 22(5), 433-445.
- [25].Castro, G. B., Hirakawa, A. R., & Martini, J. S. (2017). Adaptive traffic signal control based on bio-neural network. *Procedia Computer Science*, 109, 1182-1187. .
- [26].Hosseini, R., Akhuseyinoglu, K., Brusilovsky, P., Malmi, L., Pollari-Malmi, K., Schunn, C., & Sirkiä, T. (2020). Improving engagement in program construction examples for learning Python programming. *International Journal of AI in Education*, , 30(2), 299-336.
- [27].Mustaffa, I. B., & Khairul, S. F. B. M. (2017, November). Identification of fruit size and maturity through fruit images using opencv-python and raspberry pi. In *2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)* (pp. 1-3). IEEE.

[28].Valeja, Y., Pathare, S., Patel, D., & Pawar, M. (2021, March). Traffic Sign Detection using Clara and Yolo in Python. In 2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS) (Vol. 1, pp. 367-371). IEEE.

[29]. <https://hgm.uab.gov.tr/akilli-ulasim-sistemler-aus>, [Ziyaret Tarihi: 10.04.2021]



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Oğuzhan Akarslan
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Endüstri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	07.09.2016

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Akıllı Ulaşım Sistemleri
Programı	Akıllı Ulaşım Sistemleri

Doktora	
Üniversite	Üniversite
Enstitü Adı	Enstitü Adı
Anabilim Dalı	Anabilim Dalı Adı
Programı	Program Adı

Makale ve Bildiriler	