



ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ





**AKILLI ŞEHİRLER KAPSAMINDA
YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ KULLANILARAK
ETKİN ULAŖIM PLANLARININ
HAZIRLANMASI ÜZERİNE
BİR MODEL ÖNERİSİ**

**Yüksek Lisans Tezi
ONUR BAŞKAYA
Eskişehir, 2019**

**AKILLI ŞEHİRLER KAPSAMINDA
YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ KULLANILARAK
ETKİN ULAŞIM PLANLARININ
HAZIRLANMASI ÜZERİNE
BİR MODEL ÖNERİŐİ**

ONUR BAŞKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Prof. Dr. Alper ÇABUK

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Nisan, 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Onur BAŞKAYA'nın “Akıllı Şehirler Kapsamında Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Etkin Ulaşım Planlarının Hazırlanması Üzerine Bir Model Önerisi” başlıklı tezi 29/04/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	Ünvanı-Adı Soyadı	<u>İmza</u>
Üye(Tez Danışmanı)	:Prof. Dr. Alper ÇABUK	
Üye	:Dr. Öğr. Üyesi Hakan UYGUÇGİL	
Üye	:Dr. Öğr. Üyesi Halil Cem SAYIN	

.....
Enstitü Müdürü

ÖZET

AKILLI ŞEHİRLER KAPSAMINDA YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ KULLANILARAK ETKİN ULAŞIM PLANLARININ HAZIRLANMASI ÜZERİNE BİR MODEL ÖNERİSİ

ONUR BAŞKAYA

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Nisan, 2019

Danışman: Prof. Dr. ALPER ÇABUK

Akıllı şehir için net bir tanım bulunmamakla birlikte, sürdürülebilirlik, verimlilik, rahatlık gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Akıllı şehir kapsamında her şehir için farklı konularda çalışma yapılabilirken, ulaşım hizmetinin bütün şehirler için oldukça önemli ve akıllı şehir için olmazsa olmaz bir kavram olduğu görülmüştür. Ulaşım hizmetinin akıllı şehir kapsamında değerlendirilebilmesi için ulaşım sisteminin akıllandırılarak planlanması temel faaliyet olmaktadır. Ulaştırma sistemlerinin etkin bir şekilde kullanımını ve akıllandırılmasını sağlayabilmek amacıyla hazırlanan Toplu Ulaşım Ana Planları, uzman kişiler tarafından belirli periyotlarda hazırlanmaktadır. Bu çalışmada, ulaşım etki eden faktörlerin ve parametrelerin dinamik bir yapıda toplanarak yapay zekâ teknikleri analizleri neticesinde otomatik planların hazırlanması ve etkin toplu ulaşım faaliyetlerinin yürütülmesi ile çevre kirliliğine, trafik yoğunluğuna, yüksek maliyet problemlerine çözüm getirilmesi, bunun sonucunda, belirli periyotlarda hazırlanan ulaşım planlaması iş yükü ve maliyetinin azaltılması hedeflenmektedir. Gerçekleşen ulaşım hareketlerinin kayıt altında tutulması ile ileride oluşacak olan ulaşım hareketlerinin analizi yapılabilecek ve gelecekte gerçekleşmesi beklenen ulaşım hareketlerinin düşük bir yanılma payı ile yaklaşık olarak tahmin edilerek planlanmasının somut bir bilgiye bağlı kalarak yapılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: *Akıllı şehir, Yapay zekâ, Ulaşım planı, Etkin ulaşım, Dinamik ulaşım planlaması, Toplu ulaşım planlaması.*

ABSTRACT

A MODEL PROPOSAL FOR PREPARING EFFECTIVE TRANSPORTATION PLANS BY USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES IN THE SCOPE OF SMART CITIES

ONUR BAŞKAYA

Remote Sensing and Geographic Information Systems

Eskisehir Technical University, Graduate Education Institute, April, 2019

Supervisor: Prof. Dr. ALPER ÇABUK

Although there is no clear definition for the smart city, it is due to factors such as sustainability, efficiency and comfort. While it is possible to work on different subjects for each city within the scope of smart city, it is seen that transportation service is an important concept for the city which is very important and smart for all cities. In order to be able to evaluate the transportation service within the scope of the smart city, it is the main activity to plan the transportation system wisely. The Public Transportation Master Plans prepared in order to ensure the efficient use and rationalization of the transportation systems are prepared by the experts on a regular basis. In this study, the factors affecting the transportation and the parameters are gathered in a dynamic structure, as a result of the analysis of artificial intelligence techniques and the preparation of effective public transportation activities, environmental pollution, traffic density, high cost problems, as a result, prepared by the period of transportation planning work load and to reduce the cost. With the recording of the transport movements in place, it is aimed to analyze the transportation movements that will occur in the future and to make the planning activities expected to be realized in the future with a low error and to estimate the planning of the transportation.

Keywords: *Smart city, Artificial intelligent, Transportation planning, Effective transportation, Dynamic transportation planning, Urban transportation planning.*

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başlangıcından bitimine kadar her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Mukaddes BAŞKAYA'ya, mesai arkadaşlarıma, bu günlere gelmemde büyük emek sahibi çok değerli aileme, yardım ve yönlendirmeleri için tez danışmanım Prof.Dr. Sayın Alper ÇABUK'a sonsuz şükranlarımı sunarım.



Onur BAŞKAYA

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalardan bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla” tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Onur BAŞKAYA

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Amaç	3
1.2.Sınırlılıklar	3
1.3.Tanımlar	4
1.3.1.Akıllı şehir	4
1.3.2.Kentsel ulaşım planlama	7
1.3.3.Coğrafi bilgi sistemi.....	10
1.3.4.Yapay zekâ	14
1.3.4.1.Bilgi tabanlı yapay zekâ ve uzman sistemler.....	15
1.3.4.2.Bulanık mantık sistemleri	15
1.3.4.3.Genetik algoritma sistemleri	16
1.3.4.4.Yapay sinir ağı sistemleri	17
1.3.5.Araç rotalama problemi.....	18
1.3.6.Uzman sistemler.....	19
2. ALANYAZIN.....	21
3. ÖRNEK UYGULAMALAR	32
3.1.Akıllı Şehir Uygulama Örnekleri	32
3.1.1.Dünyadaki akıllı şehir uygulama örnekleri.....	32
3.1.1.1.Barselona örneği	32

3.1.1.2.Tokyo örneği.....	34
3.1.1.3.Singapur Örneği.....	35
3.1.1.4.Masdar Örneği.....	37
3.1.2.Türkiye’deki akıllı şehir uygulama örnekleri	38
3.1.2.1.Eskişehir örneği.....	38
3.1.2.2.İstanbul örneği	40
3.1.2.3.Konya örneği.....	41
3.1.2.4.Antalya örneği	41
3.2.Ulaşım Uygulama Örnekleri	42
3.2.1.Dünya’daki ulaşım uygulama örnekleri	42
3.2.1.1.Londra örneği.....	43
3.2.1.2.Singapur örneği.....	44
3.2.1.3.Shangai örneği	45
3.2.1.4.Newyork örneği.....	49
3.2.2.Türkiye’deki ulaşım uygulama örnekleri	50
3.2.2.1.Konya örneği.....	50
3.2.2.2.İstanbul örneği	52
3.2.2.3.Eskişehir örneği.....	53
4. MATERYAL VE YÖNTEM	55
4.1.Materyal	55
4.1.1.Esri community analyst.....	55
4.1.2.Esri location analytics.....	55
4.1.3.Arcgis network analyst.....	55
4.1.4.Arcgis geoevent extension for server.....	55
4.1.5.Arcgis desktop.....	55
4.1.6.Heidisql.....	56
4.1.7.Php 5.1.2	56

4.1.8.Apache 2.2 server api	56
4.1.9.Yolcu sayma sensörleri.....	56
4.1.10.Masaüstü bilgisayar.....	56
4.2.Yöntem.....	56
4.2.1.Durak ve Aktarma Noktalarının Konumsal Olarak Kaydedilmesi	58
4.2.2.Toplu Taşıma Araçlarının Veri Tabanına Kapasite Bilgileri İle Birlikte Kaydedilmesi.....	59
4.2.3.Sefer Bazında Ulaşım Yoğunluk Verilerinin Analizi.....	60
4.2.4.Hat Yoğunluklarının Tespit Edilmesi ve Sefer Sıklıklarının Düzenlenmesi	60
4.2.5.Hat Yoğunluklarının Tespit Edilmesi ve Araç Kapasitelerinin Düzenlenmesi	63
4.2.6.Düzenlenen Seferlerin Saatlerinin Yeniden Optimize Edilmesi	64
4.2.7.Veritabanı Tasarımı	65
4.2.8.Veritabanı Yapıları	66
4.2.8.1.Araç verisi	66
4.2.8.2.Sefer verisi	66
4.2.8.3.Durak verisi	66
4.2.8.4.Hat verisi.....	66
4.3. Veriler	66
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLARI	85
6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	87
6.1.Tartışma	87
6.2.Öneriler.....	88
KAYNAKÇA	90
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. <i>Akıllı Şehir Döngüsü Göstergeleri</i>	6
Tablo 2.1. <i>ISO 37120:2014 Performans Gösterge ve Alt Göstergeleri</i>	22
Tablo 3.1. <i>Japonya Akıllı Şehir Pazar Büyüklüğü ve Dağılımı</i>	35
Tablo 3.2. <i>Tokyo'daki Enerji Tüketiminin Alanlarına Dağılışı</i>	35
Tablo 4.1. <i>08.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları</i>	67
Tablo 4.2. <i>09.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları</i>	67
Tablo 4.3. <i>10.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları</i>	68
Tablo 4.4. <i>11.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları</i>	68
Tablo 4.5. <i>12.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları</i>	69
Tablo 4.6. <i>13.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları</i>	69
Tablo 4.7. <i>14.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları</i>	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Akıllı şehir örnek simülasyonu.....	5
Şekil 1.2. Akıllı şehir bileşenleri döngüsü	5
Şekil 1.3. Ulaşım planlama süreci	9
Şekil 1.4. CBS katman yapısı	13
Şekil 1.5. Bulanık mantık sistemlerin yapısı	16
Şekil 1.6. Genetik algoritmaya çoklu nokta eklenmesi	17
Şekil 1.7. Yapay sinir ağları modeli	18
Şekil 2.1. Bilgi girişi değer zinciri.....	21
Şekil 2.2. Geliştirilmiş $GIS + TIS = GIS - T$	24
Şekil 2.3. Genetik algoritma taşımacılık optimizasyonu örneği	26
Şekil 3.1. Barselona akıllı şehir uygulama örnekleri	33
Şekil 3.2. Tokyo Şehri yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı	34
Şekil 3.3. Ev enerji yönetim sistemi	36
Şekil 3.4. Masdar elektrikli transit araç filosu	37
Şekil 3.5. Eskişehir İli tramvay haritası	39
Şekil 3.6. Katı atık geri dönüşüm tesisi	39
Şekil 3.7. Akıllı turizm yapısı.....	42
Şekil 3.8. Londra kenti için önerilen ulaşım altyapı modeli algoritması.....	43
Şekil 3.9. Yoğunluğu azaltmak için tasarlanan elektrikli kişilik araç prototipi	47
Şekil 3.10. Shanghai toplu ulaşım erişim algoritması	48
Şekil 3.11. Shanghai toplu taşıma erişim haritası	49
Şekil 3.12. Binaların minibüs hatlarından yararlanma katsayısı.....	51
Şekil 3.13. Binaların ulaşım katsayılarının belirlenmesi	51
Şekil 3.14. Minibüs güzergâhlarının 300 metrelik etki alanı	52

Şekil 3.15. Toplu ulaşım bilgi sistemi (TUBS).....	53
Şekil 3.16. Toplu ulaşım bilgi sistemi (TUBS) yolcu bilgilendirme.....	53
Şekil 4.1. Modelin algoritması.....	57
Şekil 4.2. Durakların harita düzleminde gösterilmesi.....	58
Şekil 4.3. Durakların veritabanına kaydedilmesi.....	59
Şekil 4.4. Araçların veritabanına kaydedilmesi.....	59
Şekil 4.5. Durak, araç ve sefer tablolarının ilişkisel olarak veri tabanında gösterilmesi.....	60
Şekil 4.6. Sefer kapasite karşılaştırılması sonucu %70 doluluk altındaki seferlerin listesi.....	61
Şekil 4.7. Yüzde 70 ve üzeri doluluk kapasitesindeki seferlerin listesi.....	62
Şekil 4.8. Araç kapasitesi düşürülerek uygun doluluk oranına ulaşan seferler.....	63
Şekil 4.9. Uygun doluluk oranında olmayan seferlerin birleştirilmesi işlemi.....	64
Şekil 4.10. Seferlerin yeniden optimize edilmesi sonucu.....	64
Şekil 4.11. Veritabanı tasarımının oluşturulması.....	65
Şekil 4.12. 4K hattına ait sefer başlangıç saatleri.....	70
Şekil 4.13. %70 doluluk oranının altındaki seferlerin model üzerinde gösterilmesi.....	71
Şekil 4.14. %70 doluluk oranı ve üzerindeki seferlerin model üzerinde gösterilmesi.....	74
Şekil 4.15. Kapasitesi düşürüldüğünde %70 doluluk oranının üzerine çıkan seferler.....	75
Şekil 4.16. İkinci birleştirme sonucunda %70 doluluk oranının üzerine çıkan seferler.....	75
Şekil 4.17. Birleştirilecek olan seferlerin hesaplanması.....	76
Şekil 4.18. Birleşim sonucu oluşturulan yeni sefer listesi.....	79
Şekil 4.19. Doluluk oranına ulaşamadığı için iptal edilen seferler.....	80
Şekil 4.20. Doluluk oranına ulaşmayan hafta sonu seferleri.....	82
Şekil 4.21. Hesaplanan yeni hafta sonu sefer listesi.....	83
Şekil 4.22. Hesaplanan yeni hafta sonu sefer listesi.....	84

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AI	:Artificial Intelligent
ARP	:Araç Rotalama Problemi
AUS	:Akıllı Ulaşım Sistemi
BİT	:Bilgi İletişim Teknolojileri
BTRNDP	:Bus Transit Route Network Design Problem
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
DTPO	:Dynamic Transportation Planning and Operation
GA	:Genetik Algoritma
GIS	:Geographic Information System
GPS	:Global Positioning System
IOT	:Nesnelerin İnterneti
ITS	:Intelligent Transportation System
VRP	:Vehicle Routing Problem
VTYS	:Veri Tabanı Yönetim Sistemi
YZ	:Yapay Zekâ

1. GİRİŞ

Ulaşım, insan veya nesnelerin yer değiştirmesi (bulunduğu yerden farklı bir yere aktarılması) ve bunun organize edilmesidir. Yer değiştirmenin yanında erişebilirliğin de sağlanmasıdır. Ulaşmak ve ulaşılabilir olmak oldukça önemli olmakla birlikte zorunluluktur [1].

Ulaşım faaliyeti insanlık tarihi boyunca sürekli olarak devam etmiştir. İnsanlar, yerleşik hayata geçtikten sonra kendilerini, başka kişileri veya nesneleri bir yerden bir yere götürme ihtiyacı duymaya başlamışlardır. Bu ihtiyaçlar çeşitli hayvanlar ile karşılanmış ve ardından araçlar icat edilmiş, zamanın şartlarına göre yollar yapılmıştır. Tarihte araç kısıtlılığı açısından zor olan ulaşım günümüzde ise araçların fazlalığı, enerji kaynaklarının yetersizliği, hava kirliliği ve trafik yoğunluğu gibi problemlerin içerisinde devam etmektedir. Bununla birlikte insanların yaşamlarında çok büyük bir zaman kaplayan ulaşım, karmaşıklık içerisinde devam etmekte ve hayatımızı kolaylaştırması gerekirken hayatımızı zaman zaman zorlaştırabilmektedir [2].

Plan, her eylem de önemli olduğu kadar ulaşım da oldukça önemlidir. Trafik yoğunluğunun, çevre kirliliğinin ve maliyetlerin azalması için etkin bir ulaşım planlaması gerekmektedir. Bu çalışma, ulaşım planlamasının birçok faktörü önceden hesaba katarak optimal bir şekilde yapıldığında ulaşım hizmetinin etkin bir şekilde sağlanabileceği, bunun yanında maliyet ve iş gücünün azaltılabileceğini öngörmektedir. Günümüzde genelde statik olarak oluşturulan planlar teknolojinin imkânlarından tam anlamıyla faydalanamamaktadırlar. Dinamik olarak oluşturulacak planlar ile çeşitli verilerin toplanması, işlenmesi ve analizi ile kendiliğinden oluşacak, daha az maliyetle, daha az yakıt tüketimi ile ve daha az iş gücü ile etkin bir şekilde ulaşımın gerçekleşeceği ve trafik yoğunluğunun azalacağı düşünülmektedir [3].

Toplu taşıma araçlarının güzergah ve seferlerini belirleyen ulaşım planlaması, çok kompleks, zaman harcanan ve dolayısıyla maliyetli bir iş yüküdür. Bunun yanı sıra her ne kadar etkili planlama yapılırsa yapılsın tam optimizasyon sağlanamamaktadır. Örneğin akşam saatlerinde otobüsler yolcu olmasa dahi rotasını tamamlamakla yükümlüdürler. Bu gibi durumlar hava kirliliği, gereksiz enerji kullanımı ve iş yükünün artmasına sebep olmaktadır. Bu durumun tam tersi ele alındığında ise bir başka yolcu aynı saatlerde çok daha sonra gelecek olan bir ulaşım aracı beklemekte olabilir. Etkin

ulaşım hizmetinin verilmesi için ulaşım planlamaların yapılmasında günümüz teknoloji imkânlarından faydalanılması gerekmektedir [4].

Literatürde araç rotalama ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen toplu taşımacılıkta rota hesaplaması ile ilgili çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür.

Yakın tarihte birçok çalışmanın kentsel alanlardaki iş yerleri ile konutlar arasındaki ilişkiler ve bunların hesaplanması üzerine yapılacağı öngörülmekte ve bu çalışmaların sonucunda oluşacak ulaşım hareketlerinin hesaplanması yazılımların kullanılmasıyla mümkün olacağı düşünülmektedir [5].

Akıllı şehir kavramı, şehirde yaşayan insanların, yaşam kalitelerini arttırma aracı olarak gündemde yer almaktadır. Akıllı şehir ile ilgili ortak bir tanım bulunmamakla birlikte ulaşım, evre, enerji, ekonomi, yaşam ve yönetim gibi alanlarda toplanan bilgilerin anlamlandırılması sonucunda hızlı karar alabilmek, akıllı şehir kavramını ifade etmektedir. Akıllı bir şehir oluşturmak için planlama yaklaşımı, hem girdi hem de çıktı olarak kullanılmalıdır [6].

Akıllı şehir, şehirlerde teknolojinin etkin olarak kullanıldığı hizmetler için bir köprü olarak düşünülmektedir. Dolayısıyla akıllı şehirler için BİT oldukça önemlidir. BİT'in akıllıca kullanılmasıyla birlikte şehirdeki zorluklarla etkin bir şekilde başa çıkılabilir. Toplu taşımada bilinçli planlama ile birlikte zorluklar ortadan kalkacak, harcanan kaynak ve maliyetler düşecektir [7].

Son yıllarda, BİT'in hızlı ilerlemesi ile akıllı şehir kavramı büyük bir n kazanmış ve birçok şehirde teknoloji kullanılarak kentsel hizmetlerin iyileştirilmesi için daha bütünsel bir yaklaşım benimsenmeye başlanmıştır. Sınırlı kaynaklarla toplu taşıma hizmeti sağlamaya çalışan şehirler, AUS için yatırım yapmaktadır. AUS, ulaşım hizmetlerini iyileştirerek, tıkanıklık, kazalar ve hava kirliliğinin azaltılması amacıyla mevcut ulaşım altyapısını daha verimli kullanmak için BİT kullanmaktadır. AUS, akıllı ulaşım bileşeni olarak akıllı şehrin temel uygulaması haline gelmiştir. AUS yatırımlarının, dünyadaki birçok şehirde akıllı şehir girişimleri kapsamında değerlendirildiği görülmektedir. 2011 yılında düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu'na göre dünya çapında toplam enerji kullanımının yaklaşık beşte biri ve en ykseğinin ulaştırma hizmetlerinde kullanıldığı belirtilmektedir. AUS ile sağlanan kentsel ulaşım

talep yönetimi, iklim değişikliğini hafifletmek için büyük bir çözüm olarak görölmektedir [8].

Şehirlerde gün içerisinde gerçekleşen çok sayıdaki ulaşım hareketleri, veri olarak tutulmadığı için çeşitli çıkarımlar için kullanılamamaktadır. BİT kullanılarak, hat, durak ve otobüs kapasite bilgilerinin tutulması sonucunda hangi saatlerde yoğunluğun olduğu, hangi kapasitedeki araçların kullanılması gerektiği hesaplanabilir. Tüm ulaşım verilerine ait kayıtlar saklanabilir ve bu kayıtlardan çeşitli çıkarımlar yapılabilir [4].

1.1. Amaç

Yukarıda belirtilen sorunlar doğrultusunda, ulaşım hareket verilerinin coğrafi bilgi sistemleri dâhilinde düzenli bir biçimde toplanması, makine öğrenmesi ve genetik algoritma teknikleri ile ulaşım planlarının etkinliğinin sağlanması, bu verilerin işlenerek karar verme mekanizmasına katkıda bulunması amaçlanmaktadır.

Ulaşım planlamalarının teknoloji yardımıyla insan gücü olmadan yapılması ve etkin olarak yapıldığı için iş yükünün, araç ve yakıt miktarlarının azalması hedeflenmektedir. İş yükü, maliyet ve enerji gerektiren ulaşım hizmetinin tam etkin sağlanabilmesine yönelik uygulanabilir bir görüş ortaya koymak amaçlanmıştır.

Sorun ve amaç çerçevesinde bakıldığında bahsedilen modelin kullanılması, etkin ulaşım planlanması ve ulaşım hizmeti verilmesinin yanında şehrin yönetimi, karar verme gibi birçok konuda bu verilerin kullanılabileceği görüşünü savunarak şehirler için ulaşım veri tabanı modeli sunmasından dolayı önem arz etmekte ve ulaşım planlarının coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ teknikleri ile birlikte yapılmasının gerekliliğini göstermektedir. Ayrıca bu çalışma daha önce birçok rotalama çalışması yapılmasına rağmen toplu ulaşım rota planlaması hakkında yeterli sayıda çalışma yapılmaması nedeniyle önem kazanmakta, araç rotalama problemini toplu taşıma araçları çerçevesinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

1.2. Sınırlılıklar

Çalışmanın başlangıcından tamamlanmasına kadar geçecek sürede aşağıda belirtilen sınırlılıkların olacağı öngörülmektedir. Bu sınırlılıklar;

Simülasyon, pilot bölge çalışmaları yapılmadan gerçek hayatta kullanılamayacak olması,

Çeşitli kanun, yönetmelik veya resmi prosedürler kapsamında ulaşım hareketlerine ait log verileri, nüfus yoğunluğu vs. verilerin temin edilememesi veya çalışmada kullanılamayacak olması ihtimalinin bulunması,

Araçlara kaç kişinin bindiği bilgisi ve GPS verisi almak için ilgili validatör veya GPS cihazlarında bütünlük olmaması durumunda bütünlüğün sağlanması için ilave yazılım geliştirmenin gerekebilmesi.

Araçlardan hangi duraktan kaç kişinin indiğine dair veri çıkarımı için ek donanımın gerekebilmesidir.

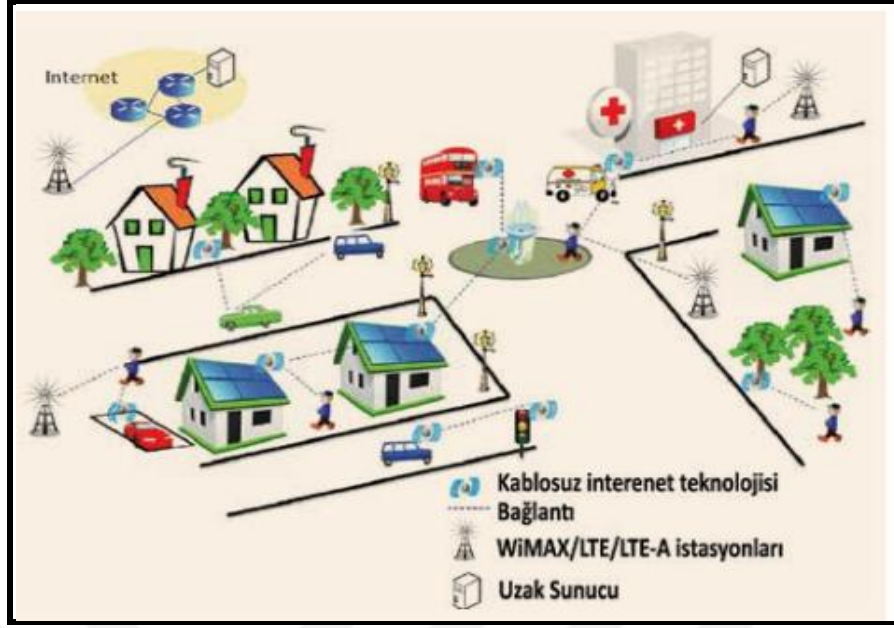
1.3. Tanımlar

Akıllı şehirler kapsamında coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ teknikleri kullanarak dinamik ve etkin ulaşım planlama hizmetini sunmayı hedefleyen bu çalışma doğrultusunda, akıllı şehir, kentsel ulaşım planlama, coğrafi bilgi sistemi, yapay zekâ, araç rotalama problemi ve uzman sistemler konuları incelenmiştir;

1.3.1. Akıllı şehir

Akıllı şehir kavramı, kentsel teknolojilerin ve modern kentleşmenin daha genel olarak tanımlanmasıyla birlikte yaygın bir terim haline gelmiştir. Akıllı şehir, bilgi iletişim teknolojileri kullanılarak iyi yönetilen veya her konuda kolaylık sağlayan çok yönlü bir şehir olarak tanımlanmaktadır. Akıllı şehir fikri, zor ve karmaşık gibi görünse de şehirlerin sürdürülebilirliğine büyük katkılar sağlamaktadır. Akıllı şehirler ile ilgili yayınlanan makaleler incelendiğinde üçte birinden fazlasında akıllı şehir net bir tanımının olmadığı belirtilmektedir. Belirli bir tanımının olmamasının yanında akıllı şehirlerin hangi parametrelere yönelik çalışması ya da nasıl yönetilmesi gerektiğine dair net bir olgu da bulunmamaktadır [9].

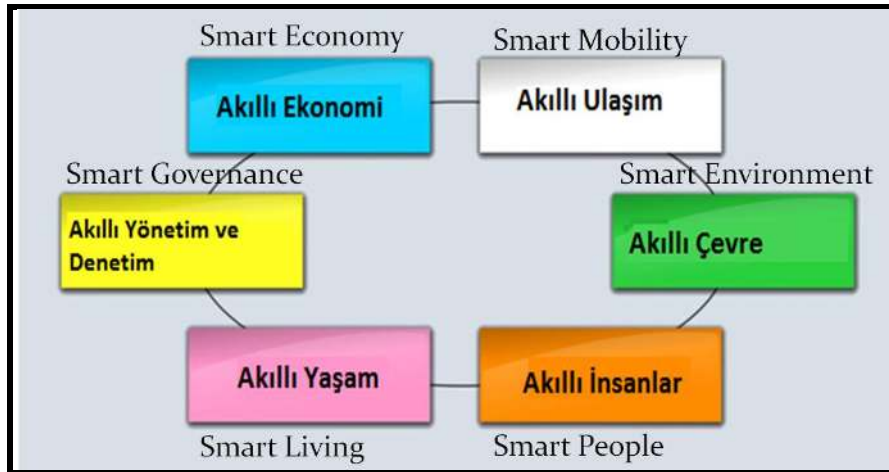
Akıllı şehrin birçok tanımı bulunmasına rağmen, akıllı şehir, gerçek zamanlı izleme ve kontrolün sağlanmasıyla verimli sistemlerin ortaya çıkması için bilgi teknolojisinin kullanılması olarak ifade edilmektedir. Şehirdeki problemler detaylı incelendiğinde kendi kendine işleyen sürdürülebilir bir sisteme ve daha temel çözümlere olanak sağlamaktadır. Ancak kapsamlı bir akıllı şehir uygulaması için yerel yönetimlerin yanında bilgi teknolojileri alanında faaliyet gösteren özel sektör firmalarının ve üniversitelerin katılımı gerekmektedir [10].



Şekil 1.1. Akıllı şehir örnek simülasyonu [11]

Akıllı şehir kavramı ortaya çıkmadan önce şehirler için gerekli bilgilerin toplanması, yönetilmesi ve anlamlandırılabilmesi amacıyla şehir ağları oluşturulmuş, otomasyon sistemleri ve web siteleri kurulmuş, coğrafi bilgi sistemleri ile konumsal veriler işlenmiştir. Bu çalışmalar, sayısal şehir olarak adlandırılarak akıllı şehir kavramının öncüsü olmuş ve akıllı şehirler için bir altyapı oluşmasına sebep olmuştur. BİT gelişmeleriyle beraber şehirlerin kapsamı değişerek akıllı şehir tanımında ulaşım, çevre, ekonomi, insan, yaşam ve yönetim gibi birçok ölçüt yer almıştır [12].

Akıllı şehir bileşenleri incelendiğinde ortaya çıkan akıllı şehir döngüsü Şekil 1.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.2. Akıllı şehir bileşenleri döngüsü [12]

Akıllı şehir bileşenleri döngüsünün sonucunda oluşacak olan göstergeler Tablo 1.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Akıllı şehir döngüsü göstergeleri [12]

Akıllı İnsanlar	Akıllı Ulaşım	Akıllı Yaşam	Akıllı Yönetim	Akıllı Çevre	Akıllı Ekonomi
21. yüzyıl eğitimi	Karma erişim modeli	Sağlık	Bilgi ve İletişim Teknolojileri ve e-devlet uygulamaları	Yeşil binalar	Girişimcilik ve yenilik
Katılımcı bir toplum modeli	Çevre dostu ve motorsuz ulaşım seçenekleri	Güven	Şeffaflık ve kamuya açık veri	Yeşil enerji	Verimlilik/ Üretkenlik
Yeniliklerin desteklenmesi	Entegre Bilgi ve İletişim çözümleri	Enerjik, kültürel ve mutlu	Etkin arz ve talep politikaları	Yeşil kent planlaması	Yerel ve Küresel bağlar

Birçok şehirde sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflenmektedir. Sürdürülebilirliğin sağlanması ve etkinliğin artırılması için akıllı teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Akıllı teknoloji, çok az insan müdahalesi gerektiren veya hiç gerektirmeden, kendi kendine çalışabilen ve düzeltme yapabilen sistemlerdir. Algılama, karar verme ve hareketin sağlanması için sensör, kumanda, kontrol ünitesi ve aktüatör motorlardan oluşurlar. Akıllı teknoloji, algılama yeteneğine sahip olmak için, sensörlerinden bilgi alarak komut ve kontrol ünitesi ile iletişim kurabilmelidir. Yerleştirilen sensörler, işlenmesi için kontrol ünitesine iletilen cihazın durumu hakkında bilgi toplamaktadır. Kontrol ünitesi ile sensörlerden gelen bilgileri işleyip yorumlayarak ne yapılması gerektiğine ilişkin kararlar alabilmekte ve bu kararları aktüatör motorlara iletebilmektedir. Aktüatörler kararları eyleme geçirdikten sonra sensörler, harekete geçerek tekrar bilgi toplayarak bu bilgiyi kumanda ve kontrol ünitesine iletirler. Böylece, akıllı bir teknoloji kapalı döngü izleme ve aksiyon alma süreci oluşturulmuş olur. Daha akıllı bir teknoloji, doğru algılama, hızlı işleme ve güvenilir kontrol yeteneklerine sahiptir. Bunun yanında, uyarlanabilirlik, kendi kendine optimizasyon, birlikte çalışabilirlik (ağ üzerinde çalışabilme) ve öngörülebilirlik gibi üst düzey yeteneklere sahip teknolojiler geliştirilmektedir [13].

Akıllı şehirler kapsamında, sürdürülebilirlik ve akıllılık özelliklerini kavramış bir ulaşım sistemi, akıllı teknolojiler kullanarak çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlandığı bir sistem olarak düşünülebilir. Akıllı ulaşım teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte kentsel ulaşım sistemleri daha verimli hale gelmiştir [13].

1.3.2. Kentsel ulaşım planlama

Kentlerde yürütülen ulaşım hizmetinin yoğunluk, yol durumu gibi gerekli parametreler incelenerek önceden yapılandırılması bilimidir. Ulaşım planları, gelecekte yürütülecek olan ulaşım faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için yetkililere karar verme esnasında yardımcı olabilmek adına bilgiler geliştiren, mevcut ulaşım durumunun analizini gerçekleştiren, önümüzdeki dönemler için hedeflerin ve yapılacak yatırımların belirlenmesini sağlayan bir yöntem ya da sistemdir. Ulaşım, kaynakların daha etkin ve verimli kullanılması, trafik yoğunluğunun önlenmesi, taleplerin idare edilmesi, güzergâh oluşturma işlemine etki eden faktörlerin belirlenmesi, insanlara toplu taşımada kolaylık sağlayarak toplu taşımayı tercih etmelerinin sağlanması, hava kirliliğinin azaltılması ve optimizasyonun sağlanması gibi birçok amaç için kullanılmaktadırlar [14].

Ulaştırma ve planlama genellikle birbirinden bağımsız olarak çalışan farklı modüllerden oluşur. Bu nedenle ulaşım planlamasında CBS sıklıkla yönetim bilgi sistemi, bakım yönetimi, ulaştırma sistemi yönetimi, seyahat talep tahmini, kargo yönlendirme, çevre etkisi gibi uygulamalarda kullanılır. Birçok kalkınma projesi, ulaşım ağlarına bağımlı olduğu için ulaşım altyapı bilgileri, karar verme süreci için oldukça önemlidir. Bu nedenle, bilginin güvenilir, güncel, kolay erişilebilir ve uygun maliyetli olması gerekmektedir. Daha iyi bilgiler, daha iyi karar verme kabiliyetini garanti etmese de bilginin yokluğu karar verme sürecini engeller. Bu bilgiler, ulaşım ağına ilişkin verilerin tanımlanması, toplanması, saklanması, geri alınması, yönetilmesi, analiz edilmesi, iletilmesi ve sunulması ile mümkün olmaktadır. Çoğunlukla kuruluşlar arasında eşgüdümlü yönetilmeyen bilgiler, koordinasyon eksikliğinden, dar veri kullanımı ve uygulama kavramından dolayı kullanılamayabilir. Ancak bir amaç için toplanan veriler başka amaçlar için kullanılmalıdır. İki kullanıcının aynı veriye veya benzer veriye ihtiyacı olduğunda veriler genellikle iki kez toplanır. Ancak, uygun referans sistemi konsepti kullanılarak verilerin doğru bir şekilde bütünleştirilmesi

ulaşımda da diğer birçok amaç için olduğu gibi maksimum boyutta kullanılabilir. Ulaştırma ile ilgili verilerin geliştirilmesi, güncellenmesi, işlenmesindeki karmaşıklıklar ile veri yönetimi ve depolama tesisinin maliyetindeki düşüş eğilimi göz önünde bulundurulduğunda, ulaşırma altyapısının bilgi kaynağı yönetiminin tasarlanması ve geliştirilmesi için yeni kavramlar ile teknolojilerin benimsenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, CBS, uzman sistemler ve veri tabanı yönetim sistemleri gibi bilgi teknolojileri alanındaki gelişmeler ulaşırma planlaması ile yakından ilgilidir [15].

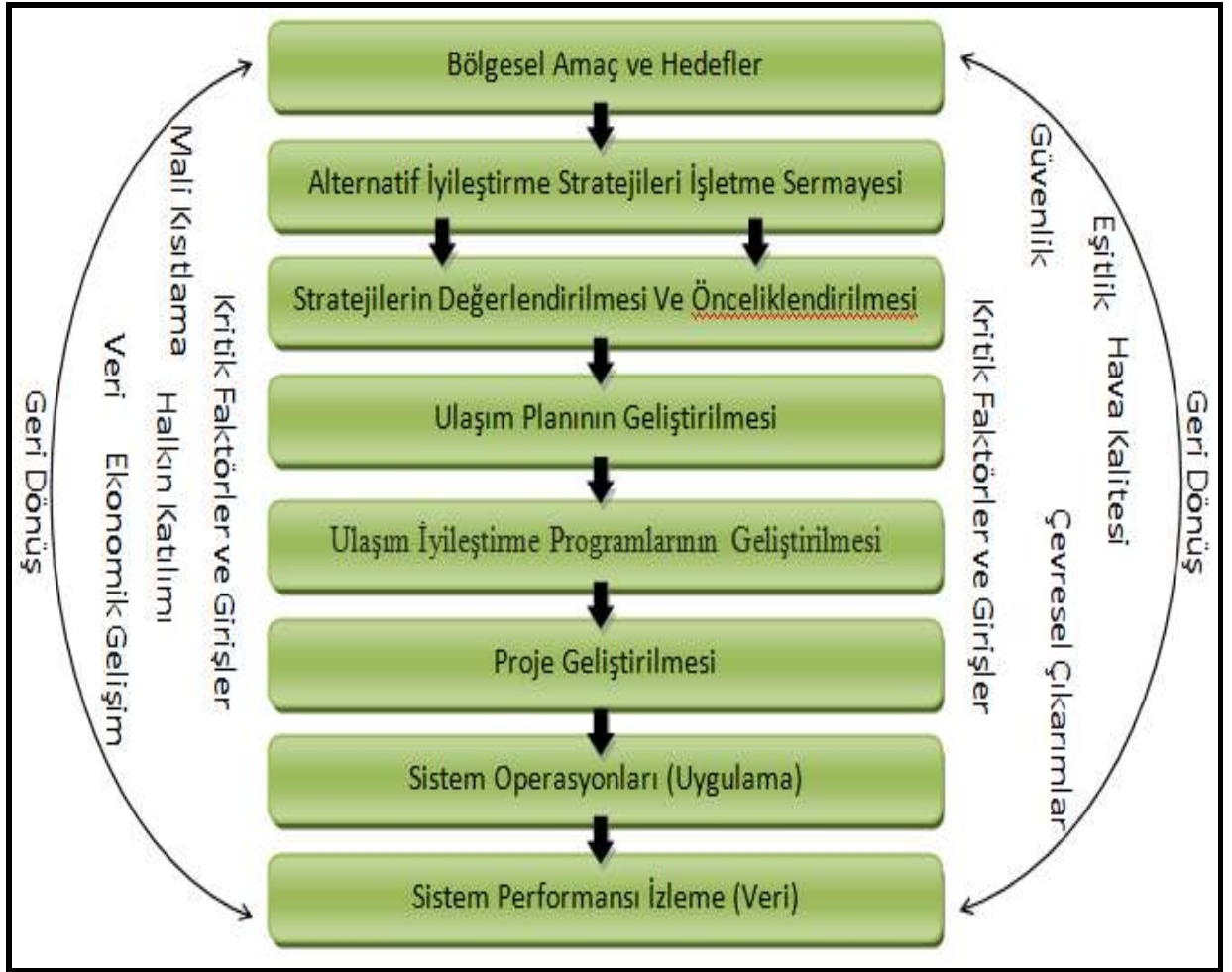
Kentsel ulaşırma planlaması, kentte verimli ve dengeli bir ulaşırma sistemi oluşturmak için bir plan geliştirmektir. Bunun için bölge hakkında büyük miktarda bilgi (ulaşırma ağı ve seyahat şekilleri) edinilerek yönetilmelidir. Bu bilgi, bilgisayar ortamında, gelecekteki seyahat talepleri ve kullanım tahminlerini üretmek için kullanılır. Bu nedenle bilgisayarlar, ulaşırma kaynaklarının doğru yönlendirilmesi ve ulaşırma planlayıcılarının önerilen çeşitli ulaşırma sistemlerini değerlendirebilmesinde önemli bir rol oynarlar [16].

Kentsel ulaşırma planları, ulaşırma altyapısına yapılacak yatırımların, düzenlemelerin ve yaklaşımların belirlendiğı uzun dönemli planlardır. Ulaşırma planlarının motorlu araçların kullanımını azaltması, bisiklet veya yaya ulaşırma teşvik etmesinin yanı sıra özel motorlu araçlar yerine toplu taşıma araçlarına yönlendirme yapmasının sonucunda petrol bağımlılığı, trafik tıkanıklığı, trafik kazaları, emisyon, arazi tüketimi ve altyapı harcamaları konularında azalma görülecektir [17].

Gelecekte yakıt sıkıntısı ile uğraşmak yerine uzun vadeli kentsel ulaşırma planlarının hazırlanmasının gerektiğı, kentsel ulaşırma enerji tüketiminin şehir ve ulaşırma talebinin karşılanması açısından önemli bir belirleyici olduğu belirtilmektedir. Artan enerji tüketimine katkıda bulunabilmek için, ulaşırma ağı ve sonuçtaki seyahat alternatiflerinin varsayımsal olarak değiştirildiğinde 37 kentte yapılan deneyler, ulaşırma ve arazi kullanım şekillerindeki yapısal değişiklikler, kent ulaşırma için enerji tüketiminde ciddi azalmalar sağlayacağı görülmüştür [18].

Planlama uygulamaları, trafiğı etkilemesi beklenen yerel veya bölgesel ölçekteki yeni gelişmelere yakından bağılıdır. Gelecek yıl analizlerinde ne kadar trafiğın beklendiğini tahmin etmek için bu planlama yöntemleri kullanılır, trafiğın nerede ve hangi rotada olacağı, yolcuların hangi ulaşırma yolunu seçmelerinin daha olası olduğunu

önceki gözlemlere ve tarihi eğilimlere dayanarak tahmin edip buna göre hareket etmeyi amaçlamaktadır [19].



Şekil 1.3. Ulaşım planlama süreci [19]

Dinamik ulaşım planlaması operasyonları, ulaşım sisteminin, hem seyahat talebi hem de arz perspektifinden tanımlanmasını, zamana bağlı seyahat talebi temelinde trafik akışının zamansal değişimlerini karakterize etmeyi amaçlayan yeni bir yöntem olarak görülmektedir. Statik ulaşım planlamasından farklı olarak, zaman değişkeninin benimsenmesi, DTPO'nun kentsel ulaşım sistemlerinin dinamik özelliklerini daha iyi tanımlamasını sağlamaktadır. Sadece yol ağının planlanması ve inşasına rehberlik etmekle kalmayıp, aynı zamanda ulaşım sistemlerinin yönetim ve kontrolüne ilişkin önerileri de sunabilmektedir [20].

Nazım planların, arazi kullanım kararları ve ulaşım yapısı arasındaki etkileşimi ve uyumunu analiz eden kapsamlı kentsel ulaşım planları dünyanın çeşitli kentleri için

1950’li yıllardan bu yana hazırlanmakta ve uygulanmaktadır. Türkiye’de geçtiğimiz 50 yılda özellikle büyük kentlerde kentsel trafik ve ulaşım sistemlerini planlamak üzere pek çok ulaşım çalışması ve planı yürütülmüştür. Ulaşım modelleri, kentteki ulaşım hareketlerini ve insanların ulaşım sistemindeki davranışlarını modellemektir. Bu nedenle, modelde oluşturulan sanal ulaşım sisteminin, gerçek ulaşım yapısını maksimum doğrulukta temsil etmesi başarıyı yakından etkileyecektir [21].

1.3.3. Coğrafi bilgi sistemi

Coğrafi bilgi sistemi 1960’lı yıllarda Kanada’da ülkenin arazi boyutları ile arazilerin kullanım amaçlarını tespit etmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Konumsal verilerin yanında konumsal olmayan verileri de saklayarak analiz edilebilmesinden dolayı yerel yönetimler ve kamu kurumları tarafından çeşitli işlemler için (planlama, sosyal gelişim, çevre koruma, kamu güvenliğinde entegrasyon, altyapı yönetimi, ulaşım planlaması, sağlık, eğitim, modelleme, trafik güzergahları, ruhsat verme, mahalli ve genel seçimlerin yönetimi, arsa ve yapılaşma yönetimi vb.) uzun yıllardır kullanılmaktadır. CBS, kurumların işini kolaylaştırmanın yanı sıra vatandaşlar içinde kolaylık sağladığı için her geçen gün yaygınlaşmaktadır [22].

CBS, bilgi sistemlerinin konumsal olarak bir koordinat düzlemine yerleştirilmiş halidir. Koordinat düzlemine yerleştirilen verilere ait öznitelik bilgileri girildiği zaman bu bilgiler üzerinde çeşitli analizler yapılabilmekte ve böylece bilgi sistemleri konumsal anlam taşıyarak coğrafi bilgi sistemi niteliği kazanmaktadır. Mevcut veritabanında kullanıcı sadece metinsel sorgularla sınırlı kalmakta, mekânsal ve topolojik ilişkilere göre öznitelik verilerini seçemez ve görüntüleyemez. CBS, sonuçların bir dijital harita üzerinde sunumu ile birlikte, kullanıcıların problemleri daha iyi algılamasını, daha doğru karar vermesini ve daha geniş anlamda anlamasını sağlar [23].

CBS, bilgi sistemlerinin düzenlenmesi ve tasarlanması için temel olarak konum kavramının kullanılması olan yeni bir bilgi sistemi paradigmasını temsil etmektedir. CBS'nin uygulanmasıyla birlikte, ulaşım ile ilgili verilerin mekânsallaştırılması sonucunda gereksinimlere bağlı çeşitli ağ analizleri, istatistiksel analizler ve mekânsal analizler yapılabilmektedir. Ulaşım ile ilgili verilerin birçoğunun mekânsal olarak saklanması gerekmektedir. GIS platformunda, ulaşım veri tabanına, genellikle öznitelik ve mekânsal verilerin kümesi, referans sistemi aracılığıyla entegre edilerek genişletilir.

Ayrıca, CBS'nin kullanılmasıyla birlikte çok çeşitli planlama işlevleri için diğer tüm verilerin ulaşım veri tabanı ile entegrasyonu kolaylaşacaktır. CBS kullanmanın en temel avantajı ise diğer veritabanı yönetim sistemlerinde analizin mümkün olmadığı durumlarda kapsama alanının harita üzerinde yer alan gerçek konumuna göre mekânsal olarak dağıtılmış veriye erişim ve analiz etme yeteneğinin olmasıdır. CBS, ulaştırma sektörü için gerekli olan her türlü verinin entegrasyonu için en etkili araç olarak tanınmaktadır. Bir ülkede ulaştırma altyapısı ile ilgili ulaşım sisteminin planlanması, tasarımı, inşası, bakımı ve yönetiminde en etkin kullanımı için büyük miktarda bilgi bir araya getirilebilir. Var olan veri tabanı tasarımlarını daha iyi planlama ve yönetim için CBS ortamına uyumlu hale getirmek oldukça faydalı olacaktır [15].

CBS kullanmanın faydası sadece kullanıcı dostu görsel erişim ve görüntüleme değil, aynı zamanda mekânsal analiz kabiliyeti, tematik haritalama, grafik oluşturabilme, ağ analizi yapabilme, çeşitli katmanlara eşzamanlı erişim sağlayabilme gibi standart işlevlerin uygulanabilmesidir. Verilerin tutulması ve harita üzerine yerleştirilmesinin yanı sıra, karar destek ve veri yönetiminin yapılmasını sağlayarak kullanıcıya özel fonksiyonlar kullanabilmesi için harici program ve yazılımlar ile arayüz sunabilmektedir [24].

CBS, sosyal, ekonomik, çevresel sorunların çözümünde konuma dayalı karar verme sürecinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, konumsal analizi, sorgulaması ve sunulması işlemlerini yerine getiren, donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler bütünüdür. Coğrafi bilgi sistemlerinin sağlıklı ve verimli bir şekilde çalışması için verinin toplanması, toplanan verinin yönetilmesi, işlenmesi ve sunumu olmak üzere dört temel işlevlerin yerine getirilmesi gerekmektedir [25].

Verilerin konumsal olarak saklanması ve sorgulanması yıllardır uygulanmakta olan ve süre gelen bir ihtiyaçtır. Coğrafi bilgi sistemleri birçok farklı alanda kullanılmıştır, coğrafi bilgi sistemleri ile ayırık ulaşım planlaması son zamanlarda gelişmekte ve ulaşım planlaması açısından coğrafi bilgi sistemleri oldukça önemlidir [26].

Coğrafi bilgi sistemlerinde konumsallık kavramından dolayı, ulaşım planlama, görsel analiz ve karar destek sistemi olarak coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması

uygun olacak ve ayrıca coğrafi bilgi sistemlerine gereksinim duyulacaktır. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılmadan da plan oluşturulabileceği ancak günden güne karmaşık hale gelen planların coğrafi bilgi sistemleri ile daha kolay analiz edilebildiği ve yönetilebildiği görülmektedir [27].

Katı atık yönetimi açısından coğrafi bilgi sistemleri, nüfus, uygun yer, kapasite vb. bir çok farklı parametreye göre değerlendirilebilir ve bunun yanında yol ağları ve yol hesabı açısından da coğrafi bilgi sistemleri optimal bir yönlendirme yapabilir. Mesafe ve maliyet hesabı konularında coğrafi bilgi sistemleri oldukça önemlidir [28].

Coğrafi bilgi sistemleri birçok alanda kolaylık sağladığı gibi ulaşım planlamada da kolaylık sağlamaktadır. Mekânsal bilgi sistemleri ile geleneksel bilgi sistemleri ulaşım planlama üzerinde incelendiğinde, mekânsal ilişkilerin ulaşım planlamada oldukça önemli ve kolaylaştırıcı olduğu görülmektedir [29].

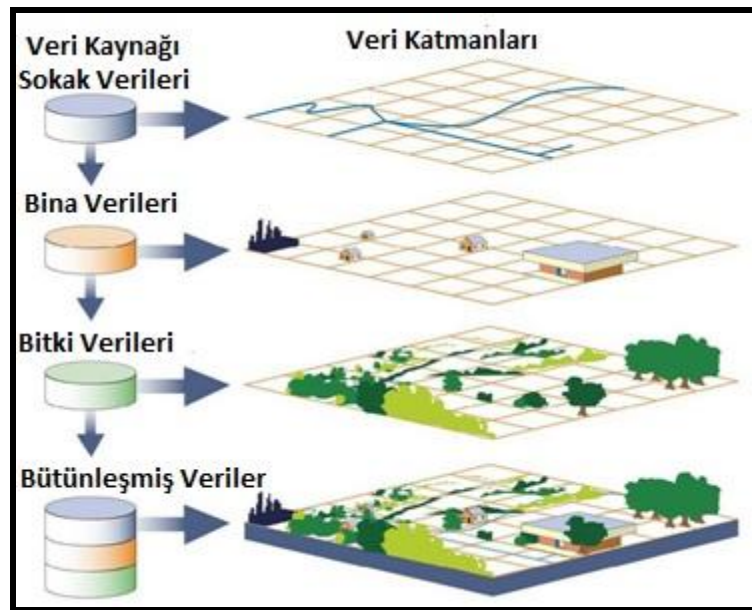
Ulaşım hizmetlerinin planlanmasında coğrafi bilgi sistemlerinin etkileri incelendiğinde, taşımacılık hizmetlerinde coğrafi bilgi sistemi özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Londra örneği incelendiğinde bilgi teknolojilerinin kullanılması ile toplu taşıma araçlarının kalkış saatleri, nerede olduğu vb. bilgilere ulaşılabildiği ancak daha yoğun ya da acil kullanımların CBS'nin kullanılması ile mümkün olduğu anlaşılmaktadır. Londra ulaşımında hali hazırda CBS kullanılmaktadır ancak asgari düzeyde kullanılan CBS'nin geliştirilmesi ve seyahat taleplerine cevap verecek düzeylere geldiğinde Londra'daki ulaşım sisteminin mevcut sorunlarının CBS ile daha iyi planlar yapılarak çözülebileceği belirtilmektedir [30].

Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS), farklı kaynak ve türlerden veriler içerebilir. Ulaşım uygulamalarında genellikle GPS ile kullanılan CBS'de konumsal problem çözme ve bilgi sahibi olmadan karar verebilmek amacıyla da kullanılmakta olan CBS'de konumsal verilerin kalitesi oldukça önemlidir. Araçlardan GPS vasıtasıyla sağlanan tüm veriler konum ve zaman olarak referanslı olduğu için CBS'ye uyarlanabilirler [24].

Erişilebilirlik, kentsel alanlar için önemli bir özelliktir, nüfus sayımı, sosyoekonomik durum, okul, hastane vb. hareketli noktaların dağılımı gibi birçok parametre incelenerek bu parametrelere bağlı olarak ulaşım planlaması yapılabilir. Coğrafi bilgi sistemleri ile parametreler referans olarak ayrı ayrı hesaplanabilmektedir. Bu yüzden son yıllarda coğrafi bilgi sistemleri teknikleri daha sık kullanılmaktadır [31].

Coğrafi veriler toplandıktan sonra, CBS’de kullanılmadan önce mutlaka sayısallaştırılması yani dijital formata dönüştürülmesi gerekir. Toplanan verilerin fiziksel ortamdan bilgisayar ortamına dönüştürülmesi yada koordinatlandırılması işlemine sayısallaştırma denir. Modern CBS teknolojisinde bu tür işlemler büyük boyutlu projelerde tarama tekniği kullanılarak otomatik araçlarla gerçekleştirilir. Küçük boyutlu projelerde ise daha çok masa tipi sayısallaştırıcılar kullanılarak elle sayısallaştırma yapılabilir. Bugün birçok coğrafi veri CBS ile uyumlu formatta hazır halde bulunmaktadır. Ayrıca bunların üretici firmalardan sağlanarak doğrudan kurulacak sisteme aktarılması da mümkündür [32].

Küçük boyutlu CBS projelerinde coğrafi verilerin sınırlı boyuta sahip basit dosyalarda saklanması mümkündür. Ancak, coğrafi verilerin boyutunun büyük olması, bununla birlikte birden çok veri grubunun kullanılması durumunda VTYS, verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetilmesine yardımcı olur. Veri tabanı yönetim sistemleri bir bilgisayar yazılımı olup veri tabanlarını yönetir veya birleştirir. Birçok yapıda tasarlanmış veri tabanı yönetim sistemi vardır, ancak CBS için en kullanışlı olanı ilişkisel veri tabanı sistemidir. Bu sistem tasarımı, veriler, tablo bilgilerinin elde edilindeki düşünce yapısına uygun olarak bilgisayar belleğinde saklanır. Farklı bilgiler içeren tabloların birbiriyle ilişkilendirilmesinde bu tablolardaki ortak sütunlar kullanılır. Bu yaklaşım basit fakat esnek bir tasarım olup, geniş çaptaki CBS uygulamalarında kullanılmaktadır [29]. Şekil 1.4’te örnek bir CBS katman yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.4. CBS katman yapısı [33]

CBS, Dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. sorunlarının çözümüne yönelik, konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, konumsal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler bütünüdür. Çeşitli kullanım alanlarına yönelik olarak geliştirilen CBS uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalar kullanım alanlarına göre, Kent Bilgi Sistemi, Orman Bilgi Sistemi, Karayolları Bilgi Sistemi, Arazi Bilgi Sistemi, Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi, Lojistik Bilgi Sistemi, İç Güvenlik Bilgi Sistemi, Araç İzleme Bilgi Sistemi, Trafik Bilgi Sistemi, Kampüs Bilgi Sistemi, Deprem Bilgi Sistemi, Harita Bilgi Sistemi, vb. olarak adlandırılmıştır [34].

1.3.4. Yapay zekâ

Yapay zekâ hakkında geçmişten bugüne, insan zekası tarafından yapılan işlemlerin makineler tarafından yapılması, insan aklının nasıl çalıştığının makine aracılığıyla gözlemlenebilmesi, makineler ile insan zekasının taklit edilmesi, zeki makineler yapma bilimi gibi tanımlamalar yapılmaktadır. Yapay zekânın kâinatın oluşması ve yaşamın başlangıcından sonra üçüncü büyük olay olarak ifade edilerek yapay zekânın önemi belirtilmiştir. Beyin üzerine araştırmalar yapan bilim insanları, insan beynine yakın bir makinenin yapılabilmesi için en az 300 trilyon dolar para gerektiğini ve 1 trilyon watt elektrik enerjisine ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Yapay zekâ etrafında konuşulan konu başlıkları ve bileşenleri ise yapay sinir ağları, uzman sistemler, bulanık mantık ve genetik algoritmalar [35].

Yapay zekâ sistemleri, kentsel çalışmalarda karmaşık ve dinamik sorunların üstesinden gelmenin alternatif bir yolunu sunan bir teknoloji olarak kabul edilmektedir [36].

Son otuz yılda, akıllı ulaşım sistemlerinin, geliştirilmesi, uygulanması ve büyümesinin hayatımız için ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Geleneksel mühendislik yöntemlerinden ziyade, bilgisayar bilimleri, iletişim, internet ve yapay zekâ gibi bilgi ve mühendislik alanında geliştirilen yöntemler ile akıllı ulaşım sistemi teknolojilerinin temeli oluşmuş ve vazgeçilemez duruma gelmiştir [37].

Yapay zekâ sistemleri temel olarak 4 ana grupta incelenebilir. Bunlar;

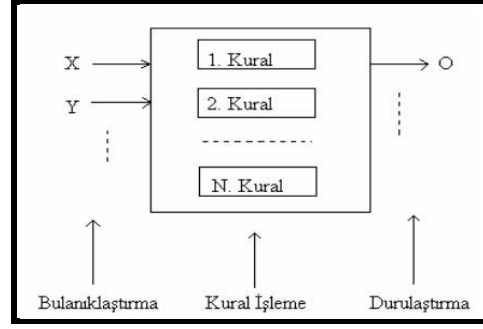
1.3.4.1. Bilgi tabanlı yapay zekâ ve uzman sistemler

Bir problem ile ilgili uzman tecrübeleri, bilgisayar sistemlerine kurallar olarak öğretilir. Daha sonra sistem bu kurallara göre çalışarak sonuç verir. Bilgi tabanlı yapay zekâ ve uzman sistemlerde, kuralların tutulduğu kural tabanı, problem ile ilgili bilgilerin tutulduğu bilgi tabanı, problem ve kurallar ile ilgili çıkarımların yapılabildiği çıkarım motoru ve uzman ara birimi bulunmaktadır [38].

1.3.4.2. Bulanık mantık sistemleri

Bulanık mantık bir bulanık küme mantığına dayanmaktadır. Klasik küme kavramında bir eleman bir kümenin üyesi ya da üyesi değildir. Bulanık mantıkta ise "1" kümeye ait olmayı gösterirken "0" ise kümeye ait olmamayı ifade eder. Bulanık küme mantığında, klasik küme kavramına ek olarak küme aitlik derecesi bulunur. Bulanık mantığın amacı sonuca ulaşmaktır. Bir program temel girdileri alarak sabit bir sonuç üretirken bulanık mantık sistemleri, veri yığınlarını girdi olarak alır ve bu girdiler ya da varsayımlar neticesinde değişken bir ya da daha fazla sonuç üretir. Bulanık mantık sistemleri, işlem kontrolleri, trafik, veri tabanı sorgulama ve arıza kontrolü gibi birçok kontrol uygulamasında kullanılmaktadırlar [4].

İnsan davranışı gibi mantıksal çıkarımlar yaparak bilgisayarlara mantık özelliği kazandıran bulanık mantık, sistemin verimlilik ve etkinliği artırarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaya yardımcı olur. Genellikle var olan yöntemler kullanıldığında iyi sonuç alınamayan ya da zor karar verilecek sistemlerde kullanılırlar. Bulanık kelimesi belirsiz gibi görünmesine rağmen insanın anlama ve çözüm üretme davranışlarını kullanmasından dolayı, matematik ve bilgisayar kullanımları için oldukça uygun sonuçlar çıkarır. Bulanık mantık kişiseldir yani çoklu mantık kümesinden birisi seçilerek sadece doğru ya da yanlış sonucunun yanında daha bireysel kullanım olanağı sağlayan bir metottur. Bulanıklaştırma birimine bilgiler girilerek ölçeğe göre bu bilgiler bulanıklaştırılır. Daha sonra kural işleme birimine gelen bilgiler, mantıksal koşullara göre ayrıştırılır ve koşullar eklenerek durulaştırma birimine gönderilir. Son olarak durulaştırma biriminde çözüm için ölçek uygulanarak bulanık haldeki bilgiler sayılara dönüştürülür. Şekil 1.5'te bulanık mantık sisteminin yapısı gösterilmiştir [39].



Şekil 1.5. Bulanık mantık sistemlerin yapısı [39]

1.3.4.3. Genetik algoritma sistemleri

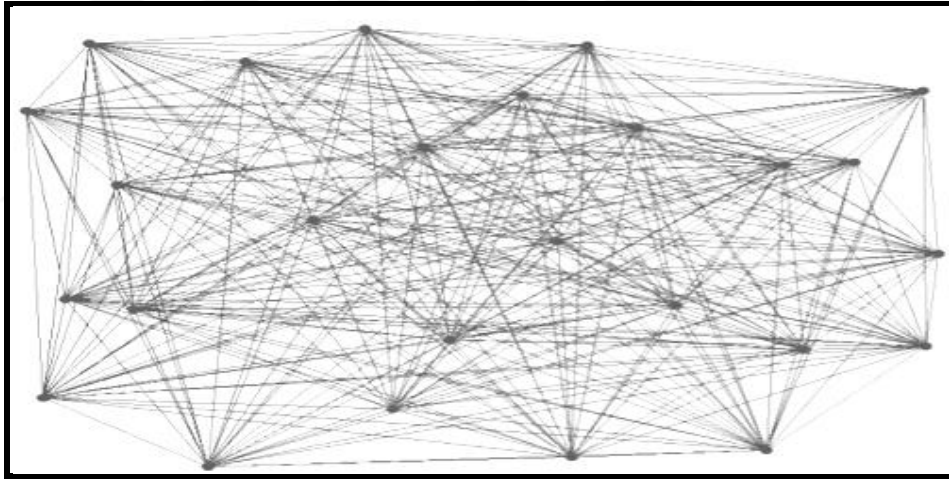
Genetik algoritmalar, gerçek hayattaki evrimsel süreci rol alarak arama ve en iyi sonucu veren çözümü bulmaya çalışırlar. Problemlere tek bir çözüm üretmek yerine farklı çözümlerden oluşan bir çözüm kümesi üretir. Böylelikle, arama uzayında aynı anda birçok nokta değerlendirilmekte ve sonuçta bütünsel çözüme ulaşma olasılığı yükselmektedir. Kompleks ve çok boyutlu uzay içerisinde en uygun çözümü bulmak için çalışırlar. Çözüm için tek bir yapı değil, yapılardan meydana gelen bir çözüm kümesi oluştururlar. Çözüm kümesindeki çözümler birbirinden tamamen bağımsızdır. Genetik algoritmalar, diğer popülasyon tabanlı algoritmalarla göre daha fazla operatör kullanır ve karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyinin bulunmasında diğer algoritmalarla göre daha etkili olmaktadır. Diğer yöntemlerden farklı olarak çözüm için çok sayıdaki olay üzerinde her iterasyonda birçok operatör kullanır [40].

Genetik algoritmalar problemlerin çözümü için evrimsel süreci bilgisayar ortamında taklit ederler. Diğer en iyileme yöntemlerinde olduğu gibi çözüm için tek bir yapının geliştirilmesi yerine, yapılardan meydana gelen bir küme oluştururlar. Doğrusal olmayan karmaşık optimizasyon problemlerinin çözülmesinde, bilinen mevcut optimizasyon teknikleri ile çözülemeyen problemler için problemin tipine göre yapay zeka teknikleri (genetik algoritmalar, bulanık mantık, uzman sistemler v.b.) kullanılmaktadır. Bu teknikler incelendiğinde, bulanık mantık, ulaşım sistemlerinde planlama, yönetim ve kontrol için araç yönlendirme, kavşak kontrolleri gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Optimale yakın çözümler sunan genetik algoritmalar, gelecekte gerçekleştirilecek olan ulaşım sürelerinin tahmin edilebilmesi, araç rotalama, ulaşım hız optimizasyonunun yapılması gibi amaçlar için kullanılır [41].

Ankara'nın Sincan İlçesi'nde okul servislerinin yönlendirilmesi probleminin çözümü için genetik algoritma kullanılarak 162 bin kilometre mesafe 155 bin kilometreye düşürülmüş ve yüzde 17 oranında maliyet tasarrufu sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır [42].

Kompleks ve çok boyutlu uzay içerisinde en uygun çözümü bulmak için çalışan genetik algoritmalar, çözüm için tek bir yapı değil, yapılardan meydana gelen bir çözüm kümesi oluştururlar. Genetik algoritmalar, diğer popülasyon tabanlı algoritmalara göre daha fazla operatör kullanarak, karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyinin bulunmasında diğer algoritmalara göre daha etkili olmaktadır [40].

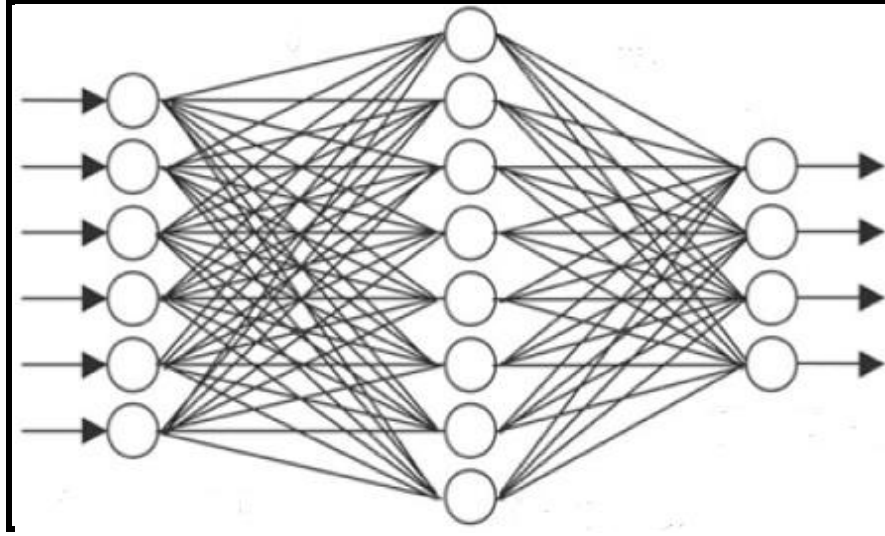
Şekil 1.6'da genetik algoritma kullanılarak sistemin birbirinden kalıtım olarak nasıl oluştuğu görülmektedir. Her nokta diğer noktalardan çoğalmıştır ve bütün noktalardan diğer noktalara erişim mevcuttur.



Şekil 1.6. Genetik algoritmaya çoklu nokta eklenmesi

1.3.4.4. Yapay sinir ağı sistemleri

Bu sistemler, insan beyninin çalışmasını model olarak ve beynin fonksiyonlarına göre girdi olarak verilen verilerden çeşitli bilgiler üretmeyi kendilerine amaç edinirler. Genellikle, örüntü tanıma, kümeleme ve öngörü gerektiren işlemlerde kullanılmaktadırlar. Aşağıdaki şekilde yapay sinir ağları sistemlerinin işleyiş şeması görülmektedir. Yapay sinir ağları sisteminde girdiler toplanarak gizli katmanda işlenir ve sonucunda çıktı üretilir [37].



Şekil 1.7. Yapay sinir ağı modeli

1.3.5. Araç rotalama problemi

Araç rotalama problemi, elde bulunan farklı kapasitedeki araçların, ihtiyaç duyulan talebe göre çeşitli parametrelerin iyileştirilmesi baz alınarak (mesafe, süre, maliyet vs.) optimum sonuç üretilmesi ve yeni taleplere göre araçların hazır hale gelmesi işlemidir [43].

Bir noktadan farklı bir noktada bulunan talep dağıtım veya toplama noktalarına, araç filosunun kat ettiği toplam mesafeyi minimize edecek şekilde bulunmasıdır. Diğer bir ifade ile talep edilen hizmetin araçlar vasıtasıyla en uygun rotanın kullanılarak sağlanması olarak düşünülebilir. Problemin çözülmesi için gidilecek tüm noktalar, en iyi rota kümeleri, zaman ve en kısa mesafe dikkate alınarak bulunur [25].

Araç rotalama problemi, zaman parametresi baz alındığında kesin zamanlı ve esnek zamanlı olmak üzere 2 farklı kısımda incelenmektedir. Kesin zamanlı araç rotalama problemlerinde, işini ilk bitiren araç gelir ve eğer zamanını aşmadan gelirse talep olduğunda ilk bu araç en erken görev almak üzere bekletilir. Zamanında gelmeyen araç ise yeni görevde değerlendirilmez. Esnek zamanlı araç rotalama problemlerinde ise görevini zamanında tamamlayıp en erken gelen araç yeni göreve en erken çıkmak üzere beklerken, görev zamanı bitiminden geç gelen araç ise belirli bir cezaya tabii tutulduktan sonra yeni görev almak için sıraya girebilir [44].

Gezgin satıcı probleminin mevcut araca yeni araçlar eklendiğinde ve filtreler kullanıldığında ortaya çıkan gezgin satıcı probleminin gelişmiş hali araç rotalama problemine denk gelmektedir. Yapılan literatür taramasına göre araç rotalama problemi

ağırlıklı olarak atık toplama, ürün dağıtımı, servis taşıtlarının rota planlamasında kullanılmaktadır. Araç rotalama probleminde kullanılacak olan araç sayılarının ve rotaların optimizasyonu amaçlanmaktadır [45].

ARP, karmaşık problemlerdir ve geleneksel metotlar kullanarak çözmek mümkün değildir. GPS, CBS ve mobil ağ gibi teknolojilerin gelişmesi sayesinde ARP dinamik ve gerçek zamanlı bir şekilde çözülebilir [42].

1.3.6. Uzman sistemler

Uzman kelimesi kişinin belirli bir konuda bilgi, tecrübe sahibi olduğunu anlatan bir sıfattır. Kişilere özel olarak kullanılan uzman sıfatı kişiselleştirme yoluyla sistemler için kullanılmış ve uzman sistemler kavramı ortaya çıkmıştır. Yani, bilgi ve tecrübe sahibi bir kişi gibi sistemin bilgilendirilmesi ve sistemin bilgi, tecrübe sahibi bir kişi gibi karar vermesi işlemi uzman sistemler olarak adlandırılmıştır. Temel olarak veri tabanına kaydedilen bilgi yığınlarından problemler çerçevesinde çıkarımlar yapılmasıdır [46].

Uzman Sistemler, günümüzde çok hızlı gelişim göstermekte ve çok eski geçmişi olan bir konudur. Son yıllarda üzerinde oldukça fazla çalışma yapılan yapay zekâ çalışmalarından dolayı uzman sistemler de aynı oranda araştırılmış ve gündemde kalmıştır. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarda uzman sistemler teknolojisinin kişilerin verdiği kararlara oldukça yakın olduğu görülmüştür. Genel olarak karar ve karar destek elemanı olarak kullanılmaktadırlar [47].

Kişiler uzman olarak görev yapmak için eğitim almalı ve deneyim sahibi olmalıdır. Bununla birlikte uzman çalışması gerektiren işler yüksek maliyetler gerektirmektedir. Gerekli bilgilerle donatılmış olan uzman sistemler, bu maliyetin düşmesini sağlamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde bir firmanın, imalat aşamasında uzman sistemler kullanılarak yılda 2 milyon dolar tasarruf ettiği belirtilmiştir. Maliyetin yanında arıza ve hata oranları da oldukça düştüğü için kararsızlık ortadan kalkmaktadır [48].

Ulaşım planlama sistemleri matematiksel yöntemler kullanılarak oluşturulabilir ancak matematiksel yöntemler ile sürekli değişen planların gerçekleştirilmesi mümkün olmamaktadır. Deneyimli bir insan yönlendirmesiyle ulaşım hizmeti sağlanabilir ancak kararların acilen verilmesi gerektiğinde deneyimli bir insan bulunmadığı zamanlarda da

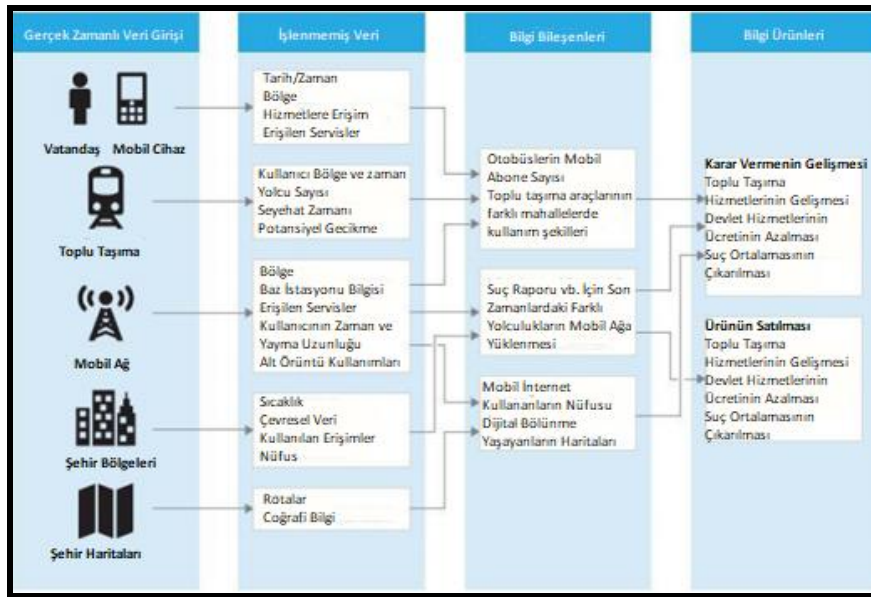
ulaşım hizmetinin aksamaması için uzman sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Ulaşım planlama işlemi karmaşıklaştıkça ve maliyeti arttıa planlama için uzman sistemlerin kullanılması daha kârlı olmaktadır. Çok karmaşık olan planlama sürecinin kesin olarak doğru olacağı anlamı çıkmasa da uzman sistemlere daha çok bilgi ve çıkarım tanımlandıkça daha uzun dönemler için planların daha esnek ve başarılı olduğu görülmektedir [46].

Uzman sistemler temel olarak, sınıflandırma, tahmin ve planlama süreçlerinden meydana gelir. Farklı durumlar karşılaştırılarak koşula göre sınıflandırma yapılır. Mevcut koşullar ve önceki koşullardan çıkarımlar yapılarak gelecekteki koşullar tahmin edilir. Bir plana ulaşmak için uzman sistemin nasıl düzenlenmesi gerektiğinin tasarımı yapılır. Uzman sistemlerin trafik etki ve güvenlik sistemi içererek yakın gelecekte ulaşım açısından faydalı olacağı düşünülmektedir. Uzman sistemler ile trafik, gürültü kontrolü, güvenli çalışma bölgelerinin düzenlenmesi, kaza araştırması gibi belirli konularda uzmanlık gerçekleştirilebilir. Gereklilikler belirlenerek ulaşım araştırması ve taslak alanının hazırlanması ile planların oluşturulması, mevcut trafik yasalarının gözden geçirilerek güçlü ve zayıf yönlerinin incelenmesi sonucunda toplu taşıma araçlarına teşvikin artırılması, modern teknolojilere uyum sağlamak için sistem geliştirilerek trafik sıklıklağının toplu taşıma ile çözülmesi, evre kirliliği, enerji tüketimi konularında tasarrufun sağlanması, ulaşım ve trafik sorunlarını azaltmak uzman sistemler kullanılarak yapılabilen önemli çalışmalardır [38].

2. ALANYAZIN

Akıllı şehirler kapsamında yapay zeka teknikleri kullanılarak etkin ulaşım planlarının oluşturulması çalışması kapsamında literatür taraması yapılmış olup, dünyada ve ülkemizde coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zeka teknolojilerinin ulaşım planlaması alanındaki kullanımı ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Literatürde en kısa yol bulma, araç rotalama ve trafik yoğunluk yönetimi ile ilgili birçok çalışmaya rastlanmıştır olup toplu taşımacılık planlaması alanında geçmiş ulaşım hareketlerinin analizi sonucunda talep yönetimi gerçekleştirecek olan dinamik ve etkin bir ulaşım planlaması öneren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Akıllı şehir kavramı son zamanlarda oldukça sık duyulmakta olan popüler bir kavramdır. Çeşitli amaçların gerçekleştirilebilmesi için yenilikçi ve sürdürülebilir bir şehri ifade etmektedir. Akıllı şehirde, gerçek zamanlı olarak ayrıntılı bilgi toplayarak sistemlerin daha hızlı ve iyi yönetilebileceği, daha etkili kontrolün yapılabileceği, daha hızlı, kolay ve doğru karar alınabileceği savunulmaktadır. Çeşitli cihaz ya da uygulamalar ile şehirde yaşayan kişilerin aktif rol kazanmaları ve bu kişilerin fikirlerinden yararlanılarak, hizmet ve çözümlerde kullanılması sağlanmalıdır. Böylece uygulamalar, şehir panoları, sensörler gibi cihazlar ile girdiler alınarak özelden genele akıllı şehir uygulamaları yaygınlaştırılabilir ve optimizasyon algoritmaları ile şehir yöneticileri Şekil 2.1'de gösterildiği gibi değer zinciri kullanarak daha kolay ve etkili yönetim gerçekleştirebilir [49].



Şekil 2.1. Bilgi girişi değer zinciri [49]

Şehrin akıllı şehir olarak nitelendirilmesi için bazı eylemlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda net bir tanım olmasa da uluslararası standardizasyon organizasyonu olan ISO, 37120:2014 standardı ile toplumların sürdürülebilir kalkınması, şehir hizmetleri ve yaşam kalitesi göstergeleri standardı ile şehirlere rehberlik etmektedir. Bu standart hangi büyüklükte olursa olsun bütün yerel yönetimlere, hangi aşamada olduğunu görmek ya da neler yapması gerektiğini göstermek konusunda yardımcı olmaktadır. Bu standarda ait performans göstergeleri ve alt göstergeleri bulunmaktadır. Standarda ait performans göstergeleri ve alt gösterge sayıları Tablo 2’de gösterilmiştir [50].

Tablo 2.1. ISO 37120:2014 performans gösterge ve alt göstergeleri [50]

S.No	Performans Göstergeleri	Alt Gösterge Sayısı
1	Ekonomi	7
2	Eğitim	7
3	Enerji	7
4	Çevre	8
5	Finans	4
6	Yangın ve Acil Müdahale	6
7	Yönetim	6
8	Sağlık	7
9	Rekreasyon	2
10	Güvenlik	5
11	Barınma	3
12	Katı atık	10
13	Telekomünikasyon ve İnovasyon	3
14	Ulaşım	9
15	Şehir planlaması	4
16	Atık su	5
17	Su ve Sanitasyon	7
	TOPLAM	139

Akıllı şehir ile normal bir şehir karşılaştırıldığında akıllı şehirlerin yaşayanların hayatını kolaylaştırdığı ve şehrin yaşayanlar için daha yaşanabilir hale geldiği görülmüştür. Bu kolaylaştırma ve yaşanılabilirlik şehrin ihtiyaçlarına ve gerçekleştirme

oranına göre değişmektedir. Akıllı şehirlerin genel özellikleri incelendiğinde, mevcut BİT kullanılarak altyapının verimli bir şekilde kullanılmasının sağlanması ve şehir yönetiminin kolaylaştırılarak şeffaflaştırılması sonucunda vatandaşın da yönetimin içerisinde yer alması ve sorunların çözülmesinde ortak bir yol geliştirerek sorun çözen kurum ya da birimler arasındaki iletişimin sağlanması ön plana çıkmaktadır [51].

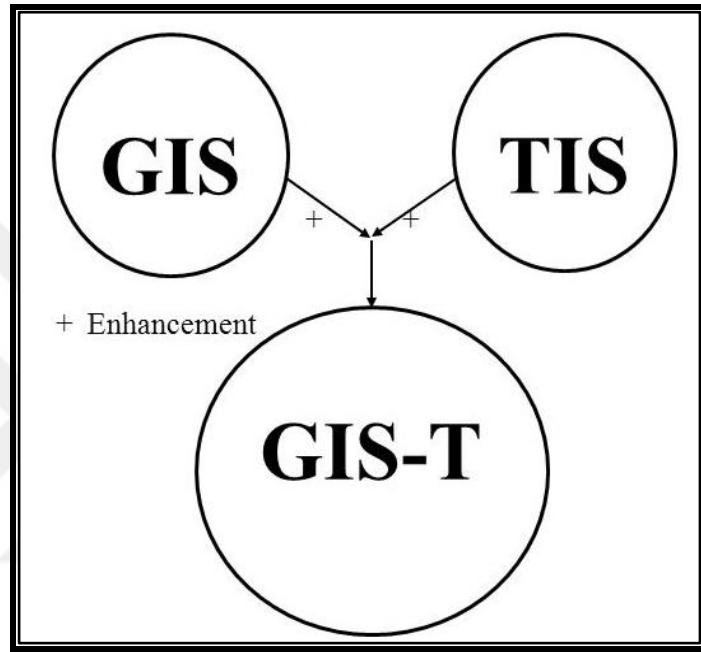
Dünya üzerindeki enerji tüketimi incelendiğinde tüketimin %75'i şehir merkezlerinde gerçekleşmekte ve karbondioksit emisyonunun %80'i yine şehirlerde gerçekleşmektedir. Bu yüzden akıllı şehir uygulamaları büyük önem kazanmaktadır [52]. Toplu ulaşım hizmetinin sağlanmasında tüketilen yakıt miktarı ve karbondioksit emisyonu da bu oranda büyük bir yer kaplamaktadır. Görüldüğü gibi akıllı şehir kavramı incelendiğinde bilgi iletişim teknolojileri ve ulaşım konularının akıllı şehirler için önem arz ettiği görülmektedir. Akıllı şehirler kapsamında bilgi iletişim teknolojileri kullanarak ulaşım konusunda bir uygulamanın oluşturulması, ulaşımın yanında çevre, sürdürülebilirlik, rahat yaşam, ekonomi gibi konulara da fayda sağlayacaktır.

Dünya genelinde her geçen gün şehirler daha fazla göç almaktadır. Hindistan'da başbakanın kaynaklar ve altyapının doğru kullanılması için yüz civarında şehirde akıllı şehir kurma hedefini açıklaması sonucunda akıllı şehirlere ihtiyacımız var mı şeklinde bir araştırma yapıldığında halka şehirlerdeki problemler sorulmuş ve %29,5 ile trafik ve ulaşım problemi olduğu cevabı alınmıştır. Trafik ve ulaşım sorununun ise BİT'nin etkin olarak kullanımı ile çözülebileceği görülmüştür. Sağlam bir altyapı ile kesintisiz elektrik, doğalgaz, su, iletişim temini ve bunların bilgisayar sistemlerinden kontrol edilmesi, bu kaynaklarda israfların önlenmesi, gelişimi teşvik etmesi, sürdürülebilir bir konut modelinin oluşturulması ve istihdam sağlanması açısından akıllı şehirlere ihtiyacın olduğu belirtilmiştir. Siyaset amacıyla akıllı şehirlerin sadece yaşayanları etkilemek amacıyla gündeme getirilmiş olma ihtimali, akıllı şehir kurma maliyetlerinin yüksek olması, bu maliyetlerin farklı alanlarda kullanılmasının daha faydalı olabileceği ihtimalleri ise akıllı şehir kurmanın gereksiz olduğunu göstermektedir. Sonuç karşılaştırıldığında ise akıllı şehir kurmak için harcanacak maliyetin öncelikle altyapının oluşturulması için kullanılması gerektiği belirtilmiştir [53].

Araç ile yolcu eşleştirmenin dinamik olarak zamanlanarak yönlendirilmesi halkın toplu taşıma araçlarına erişimini artıracaktır. Bilgisayar, veritabanı ve internet teknolojilerinin, araç paylaşımı ve araç havuzu eşleştirme hizmetlerini

kolaylaştırabileceği görülmüştür. Sevkiyat ve rezervasyon teknolojilerinin, araç konumlarının birleştirilmesini, esnek toplu taşıma yönlendirmesini ve zamanlama uygulanmasını kolaylaştıracağı belirtilmiştir [54].

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi GIS ve TIS sistemlerinin birleştiklerinde ortaya çıkan GIS-T sisteminin ulaşım bilgi sistemleri konusunda daha geniş yelpazede fayda sağladığı ifade edilmiştir [34].



Şekil 2.2. Geliştirilmiş $GIS + TIS = GIS - T$ [34]

GIS-T olarak adlandırılan ulaşım için kullanılan CBS, ulaşım bilgi sistemi (TIS) ile GIS birleşimidir. GIS-T çeşitli taşımacılık organizasyonları için veri entegrasyonu potansiyeli olmasından dolayı büyük avantaj sağlamaktadır. Ulaşım sorunlarının çözümünde düzenleme, görüntüleme ve analiz işlemleri için CBS'nin temel işlevleri çakıştırma, dinamik segmentasyon, yüzey modelleme, tarama, yönlendirme ve diğer yazılımlara bağlantı kurabilmesi, CBS'nin, ulaşım yönlendirme ağlarının analizi ve tasarımı konusunda güçlü bir araç olduğunu göstermektedir. Ulaşım sistemi ile çevresi arasındaki etkileşimin, CBS teknolojisiyle yönlendirilmesi, risk analizi ve karar verme uygulamaları için ideal bir sonuç üretir. GIS-T uygulamalarının tanımlanması ve sınıflandırılması amacıyla, yedi CBS işlevi bulunmaktadır. Bu işlevler haritaları düzenlemek, görüntülemek ve ölçmek için kullanılmaktadır. Düzenleme işlevi, kullanıcının noktaları, çizgileri veya çokgenleri eklemesine veya silmesine ve bu

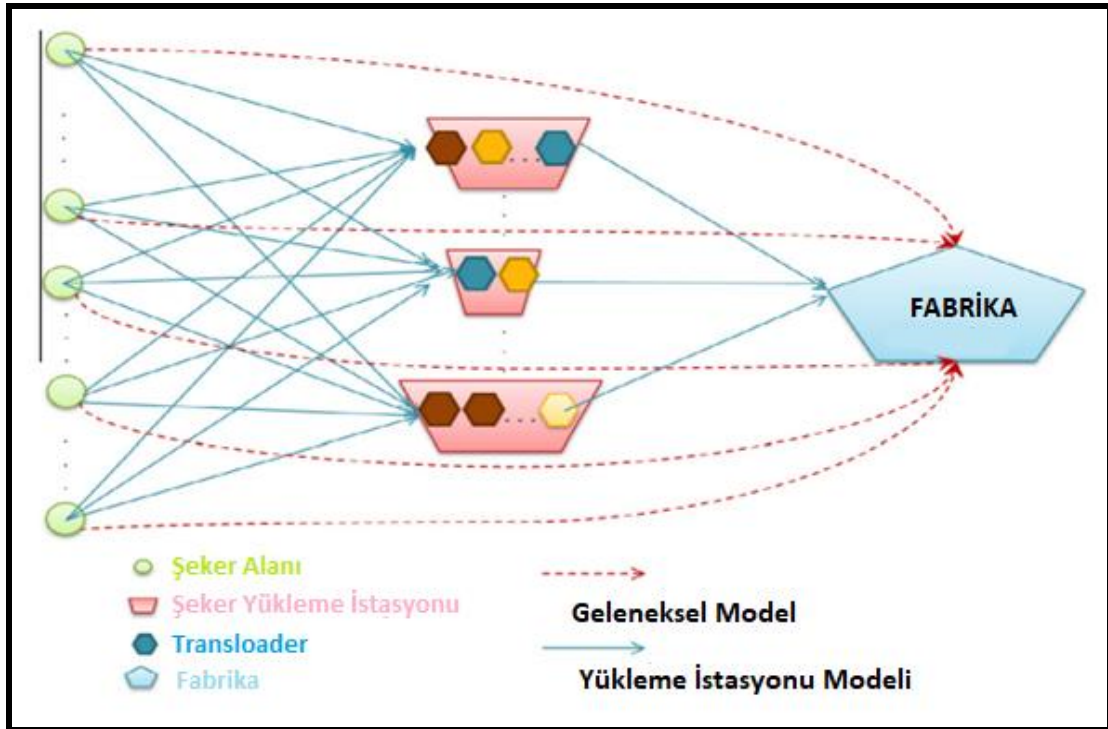
özelliklerin niteliklerini değiştirmesini sağlamaktadır. Ekran işlevi, çeşitli sembol ve renkleri kullanarak seçilen nesnelerin özelliklerini gösteren tematik haritalar üretmektedir. Hatların uzunluğu ve poligon alanlarını belirlemek için ölçüm fonksiyonları kullanmak gerekmektedir. Çakıştırma işlevi, iki veya daha fazla eşlemenin aynı anda görüntülenmesine izin vermektedir. İki taban haritasının birleşimi, her iki haritanın tüm özelliklerini gösterirken, iki temel haritanın kesişimi, her iki temel harita için ortak olan özellikleri göstermektedir. Dinamik segmentasyon, ağ bağlantılarının belirtilen bağlantı öznitelikleri kümesi için homojen olan bölümlere bölünmesini veya ayrılmasını sağlamaktadır. Bölümleme dinamik olmaktadır. Çünkü ağın mevcut özniteliklerine yanıt olarak oluşturulmaktadır. Eğer öznitelikler değiştirilirse, o zaman dinamik segmentasyon yeni bir homojen segment kümesi oluşturacaktır. Yüzey modelleme fonksiyonu, üç boyutlu arazi formları veya diğer yüzey özellikleri modelini oluşturmaktadır. Raster ekran fonksiyonu ise, fotoğrafların ve diğer görüntülerin bir CBS'ye dâhil edilmesine olanak sağlamaktadır. Ulaşım, arz ve talepleri arasındaki etkileşimi içermektedir, arz ve talepler arasındaki etkileşimin analizi, trafiğin neden bir yerde değil de başka bir yerde var olduğunu açıklayan seyahat özellikleriyle artırılmaktadır. Arazi kullanımı, demografik, çevresel, kamu hizmetinin sunulduğu yerler gibi veri tabanları da dâhil olmak üzere GIS-T uygulamalarında kullanılmak üzere bir dizi veri tabanı bulunması gerekmektedir [15].

Karmaşık bir sistemi optimize etme görevi, sistem tasarımcısı için en az iki problem oluşturmaktadır. İlk olarak, sisteme uyarlamak için uygun bir optimizasyon algoritması sınıfı seğilmelidir. Daha sonra optimizasyon algoritmasının çeşitli parametreleri verimlilik için ayarlanmalıdır. Genetik algoritmalar (GA), çok çeşitli karmaşık sistemleri optimize etmek için kullanılmaktadırlar. GA'lar, bir dizi sayısal optimizasyon problemi için verimli GA'ları tanımlamada ikinci seviyede uygulanır. GA'ların, sistem optimizasyon probleminin her iki seviyesi için de etkilidir. Karmaşık bir sürecin dinamik olarak kontrol edilmesi sorunu, genellikle bir sayısal fonksiyon optimizasyon problemine indirgenmektedir. Süreç için her bir görev ortamı, yüksek performanslı kontrol girdilerini bulmak için doğrudan arama teknikleriyle genel olarak araştırılması gereken bir performans yanıt yüzeyini tanımlamaktadır. Yanıt yüzeyi oldukça basit olsa da, geleneksel doğrusal olmayan optimizasyon veya kontrol teorisi teknikleri kullanmak uygun olabilir. Bununla birlikte, bilgisayar işletim sistemleri veya

sistem simülasyon programları gibi hızlı dönüş beklenen sistemlerde yüksek boyutlu, çok modlu arama yapmak zor olacaktır [55].

Uzman sistemler, bilgi tabanlı sistemler olup, problemleri daha geniş bir perspektifte inceleyip çözümünde insan zekâsını taklit etmeyi hedefleyen yapay zekânın bir uygulama alanıdır. Bu taklit içerisinde algoritma ve çıkarım mekanizmaları etkileşimde bulunarak işlenmektedir. Daha spesifik bir tanım yapmak gerekirse, bir uzmandan alınan bilgilere dayanarak oluşturulan, karmaşık problemleri çözmek için olayları ve deneyimleri kullanan etkileşimli bilgisayar destekli karar aracıdır. Günümüz ulaştırma sistemlerinin karmaşık ve çok değişkenli yapısı, bu sistemlerin geleneksel yöntemlerle kontrol edilmesini imkânsız kılmaktadır. Bu sistemlerin kontrolünde, yapay zekâ teknikleri ve uzman sistemlerin kullanılması kaçınılmazdır [41].

Şekil 2.3’ da görüldüğü gibi bir model tavsiye edilerek, şeker hammaddelerinin uygun toplama noktalarına optimize edilerek taşınmasını ve yine çeşitli kapasitedeki araçlar optimize edilerek uygun araçlarla taşınmasının geleneksel taşıma modelinden farkı incelenmiştir. Genetik algoritmalar ile bulanık mantığın birleştirilerek uyarlanmış bir model oluşturulduğunda, hem şirket hem de taşıma maliyetlerinin azaldığı görülmüştür [56].



Bir bölgede iş ve okul giriş çıkış saatlerinde trafik yoğunluğu artmaktadır. Belirli saatlerde belli bir bölge trafik açısından yoğun olurken, bunun tersi durum da geçerli olabilmektedir. Türkiye için genellikle iş ve okul başlama saati 08:30 ve bitiş saati 17:30'dur. Bu saatler ile bu saatlerin 30 dakika öncesi ve sonrası trafik yoğunluğu yaşanmaktadır. Bu yoğunluk tüm yollarda yaşanmamaktadır. Sabah gidiş yolunda yoğunluk fazla, dönüş yolunda yoğunluk az iken, akşam saatlerinde gidiş yolunda yoğunluk az, dönüş yolunda yoğunluk fazla olmaktadır. Ankara, Kızılay bölgesi için 43 kavşakta, toplam 126 yön için trafik yoğunluk süreleri modellenerek incelenmiştir. Önerilen sistemde, gerçekleştirilen yazılımda simülasyon ortamı olduğundan dolayı her kavşak için rota bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Rota tablosunda bir noktadan, sonraki bir noktaya gitmek için gereken x,y koordinatları tutulmaktadır. Toplam 349 veri bulunmaktadır. Graflar tablosunda, 43 tane noktaya ait x ve y koordinatları tutulmaktadır. Süre tablosunda, her iki nokta arasında 07:00 / 10:00 ve 17:00 / 20:00 saatlerindeki yoğunluklar tutulmaktadır. Toplam 126 yön için (07:00 / 10:00 arası 3 saat, 17:00 / 20:00 arası 3 saat, $3+3=6$ saat= 360 dakika*126 yön) 45360 veri içermektedir. Muhtemel yol aranırken hangi saatlerde ne kadar yoğunluğun olduğu bu tablo sayesinde öğrenilmektedir. Yollar tablosu, program çalıştırıldıktan sonra dolmaya başlamakta, yol arama esnasında veriler buraya işlenmektedir. Eğer gidilmek istenilen yol bulunmuşsa tamam alanı 1 değerini almakta, aksi takdirde 0 olarak kalmaktadır. Tamam alanında başlangıç popülasyonu sayısı kadar 1 değeri olduğunda işlem sonlanmaktadır. Populasyon tablosunda, başlangıç popülasyonu oluştuktan sonraki değerler kaydedilmektedir. Ayrıca, her bir yeni popülasyondaki değerler bu tabloda güncellenerek işlenmektedir. Pop_Süreler tablosunda, sayı alanıyla populasyon tablosundaki sayı alanı ortaktır. Populasyon tablosunda bir yol bilgisi olmasına karşılık, bu tabloda da o yola ait başlangıç ve bitiş süreleri tutulmaktadır. İkamet tablosunda ise belirtilen jenerasyon sayısı bittiğinde en iyi olan yollar düğümler şeklinde kaydedilir. Programda arabanın hareketi bu tabloyu kullanarak ilerlemektedir. Program ilk önce başlangıç sonra da bitiş yolunu seçmektedir. Bu iki değer seçildikten sonra programın çözümlemeyi gerçekleştireceği saat belirlenmekte ve bu işlemten sonra ilk popülasyon oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu popülasyonların uygunluk değerleri hesaplanır. Daha sonra süre bakımından en düşük iki birey yeni popülasyona dâhil edilir. Popülasyonları daha iyi hale getirmek için çaprazlama kriterine uyacak bireyler seçilir ve çaprazlama işlemi sonucunda ortaya çıkan yeni 2 birey yeni popülasyona aktarılır. Bu şekilde tüm

bireyler oluşturulana kadar çaprazlama işlemi gerçekleştirilir. Eğer tüm bireyler oluşturulduysa bitirme kriteri göz önünde bulundurulur. Bitirme kriteri sağlanmadıysa her bir üyeye ait uygunluk değeri hesaplanır ve işlemler devam eder. Bitirme kriteri sağlandıysa en iyi birey sonuç olarak seçilir ve araç harekete başlar. Yolda kaza yoksa harekete devam edilir ve hedefe ulaşılır. Yolda kaza var ise yeniden başlangıçtaki işlemler yapılarak başlangıç popülasyonu oluşturulur ve aynı işlemler tekrarlanır. Yukarıda bahsedilen genetik algoritma tabanlı algoritma zamana bağlı dinamik değişen yol maliyetlerine sahip 43 düğümlü bir graf üzerinde en kısa yol probleminin çözümü için uygulanmıştır. Gerçek bir uygulama olması için bir bölgenin trafik akışı modellenerek incelendiğinde, geliştirilen algoritma sonucunda elde edilen sonuçlar literatürde yer alan Dijkstra ve Wook algoritmalarıyla karşılaştırılmış sonuç olarak bu algoritmalara göre daha kısa süreli ve daha düşük maliyetli bir yol bulunduğu görülmüştür [40].

Kentsel ulaşım bilgisayarlı bir sistem olarak düşünülerek karayolu trafik tahminleri ve kentsel trafik politikalarının sonuçları değerlendirilmiştir. Çok modlu ulaştırma ağının prototipi CBS tabanlı bir karar destek sistemi olarak ele alındığında, ulaşım ağı ve seyahat talebi veri tabanı yönetimi, trafik simülasyonu ve analizi, enerji tüketimi ve emisyon modellemeleri için CBS kullanılmıştır. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve senaryoların karşılaştırılması amacıyla modellemeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında, Atina bölgesindeki seyahat talebi analizleri bilgisayar ortamında incelenmiş, çalışma alanındaki ulaşım planlaması ve ulaşım politikasının geliştirilmesi için son derece yararlı olduğu görülmüştür. Emisyonlar ve karayolu trafiğinin yol açtığı enerji tüketimine ilişkin makul tahminlerin öngörülmesinin yanı sıra, birleşik bir trafik yönetim çerçevesi içinde toplu taşımacılığa teşvik ve analizler için etkin sonuçların ortaya çıktığı tespit edilmiştir [23].

ITS, güvenlik ve hareketliliği en üst düzeye çıkarmak için teknolojiden faydalanarak kamu yararına hizmet etmek üzere her türlü araç, altyapı ve yolcu araçlarının etrafında bağlı bir ulaşım ortamına sahip ulusal çok modlu bir taşıma sisteminin oluşturulması amaçlamaktadır. ITS, her türlü taşıma alternatifini kapsamakta, ve ulaşımın tüm unsurlarını dinamik olarak bir araya getirmektedir. ITS'nin genel işlevi, ulaştırma ağı denetleyicileri ve diğer kullanıcılar tarafından genellikle gerçek zamanlı olarak karar vermeyi iyileştirmek ve böylece tüm taşıma sisteminin işleyişini

iyileştirmektedir. Trafiğin planlanması, kontrolü, yönetimi ve sistem etkinliğinin artırılması için iyi bir bilgi ortamı elde etmek için ITS, iletişim (İnternet, Bluetooth), coğrafi konum, cbs, yapay görme, sınıflandırma, sayısal haritalama gibi çok çeşitli teknoloji ve fonksiyonlar kullanmalıdır. Akıllı Ulaşım Sisteminin kullanımı yolculukların iyi bir şekilde etkilenmesini sağlayacak, toplu taşımacılığın kullanımını teşvik edecek ve kişisel araç kullanımını azaltacaktır [57].

Kent içi otobüs güzergâhı tasarımı maliyetinin en aza indirilebilmesi için genetik algoritmalar, seçime dayalı bir arama ile optimizasyon yöntemi kullanılarak rota ağı tasarım probleminin çözümü için uygulanmaktadır. İki aşamalı olarak yapılan işlemde ilk olarak bir çözüm yolu kümesi boyutu kabul edilerek ikinci aşamada genetik algoritma tekniği kullanılarak aday rotalar içerisinde en iyi rota bulunmaya çalışılmaktadır [58].

Değişken talepler için en uygun otobüs transit güzergâh ağ tasarımının nasıl olması gerektiği, sistematik olarak genetik algoritma kullanılarak incelenmiştir. BTRNDP için çok amaçlı doğrusal olmayan karışık model formüle edilmiştir. Çözümün başlangıçta daha fazla geçiş talebinin ağına bağlı olması nedeniyle rotası ayarlanan boyut arttıkça, iyileştiği görülmüştür. Bununla birlikte, en düşük hedef fonksiyon değerinde, incelenen ağ için belirli bir miktar rota tamamlandıktan sonra, filo büyüklüğündeki artışlar, operatör maliyetleri, rotaların yetersiz uygulanmasına yol açarak daha kötü değer ile sonuçlanabilir. Ayrıca, talep toplama olmaksızın BTRNDP'den daha iyi bir çözüm kalitesi elde edilebilir. Talep toplama olmadığından daha düşük bir hesaplama hızı ile sonuç alınabilir. Mevcut geçiş ağı sorununun yeniden tasarlanması için sayısal sonuçlar, bazı verimli rotaları tutarak, bu algoritmayı kullanmanın, mevcut transit güzergâh ağlarının yeniden tasarlanması için daha iyi çözüm kalitesine sahip çok iyi bir çözüm ağı sağlayacağını göstermektedir. Toplu taşıma, hava kirliliğini azaltma, enerji tüketimini azaltma, hareketliliği iyileştirme ve trafik sıkışıklığını azaltma gibi potansiyel bir yol olarak yaygın bir şekilde kabul görmüştür. Kentsel alanın sosyal, ekonomik ve fiziksel yapısı için operasyonel ve ekonomik olarak verimli bir otobüs transit ağı tasarlamak çok önemlidir. Genel olarak, ağ tasarımı problemi, sistem performans gereksinimlerini ve/veya kaynak sınırlamalarını yansıtan çeşitli kısıtlamalara maruz bırakılan bazı amaçların en aza indirilmesi veya en üst düzeye çıkarılmasını içerir [59].

Kentlerde otobüsler gece geç saatlerde hizmet vermemektedir, bu da gece seyahat eden insanlar için zorluk teşkil etmektedir. Hizmetin bittiği saatlerde otobüsleri rota sistemini planlamak için, insanların gece seyahat ettiği hatları bilmek gerekir. Gece ana ulaşım aracı taksiler olduğu için taksi GPS verilerinden gece seyahat hat bilgisi elde edilebilir. Çalışmada, veri yolu güzergâhlarının kaynakları, insan gücü ve seyahat süresi tüketimi ve otobüs sisteminin taşıma kapasitesi dâhil olmak üzere çok faktörlü olarak otobüs güzergâhlarının etkisi ele alınmıştır. Sistemin kapasitesinin daha fazla olması daha fazla maliyet getirecektir. Sadece kapasite dikkate alındığında, sistem verimli çalışmayabilir. Hizmet kalitesi ve maliyet arasındaki dengeyi bulmak amacıyla kapasite ve rota yönetim sistemi önerilmiştir. Önerilen sistem birçok planlama sisteminden daha iyi sonuç vermiştir [3].

Gelişmekte olan ülkelerde, büyümeden dolayı toplu taşıma sisteminin verimli bir şekilde planlanması ve tasarlanması, böylece özel ulaşım araçlarının kullanımının azaltılması politikası uygulanmaktadır. Transit ağ tasarım planı verimli ise ve kullanıcı açısından sistem, ucuz ve talebi karşılayabiliyorsa, hizmet veren açısından da sistem mümkün olduğunca fazla kâr sağlıyorsa plan verimli demektir. Bu, hedefler arasındaki dengeyi bulmak transit planlamadaki temel zorluktur. Genetik algoritma çeşitli optimizasyon teknikleri arasında, transit ağın planlanması ve tasarlanmasında birçok görev için büyük bir potansiyele sahip yeni bir strateji sunmaktadır. Genetik algoritmanın, yönlendirme, çizelgeleme, toplu taşıma planlamasının programlanması ve entegrasyonunda uygulanmasına yönelik transit ağın tasarımı ve programlanması ile ilgili çalışmaların sınıflandırması ve analizi yapılmıştır. Analizin sonucunda, transit ağın tasarımı ve programlanması ile ilgili problemin, karar değişkenliği açısından oldukça karmaşık ve doğrusal olmayan, klasik programlama ile ulaşılması zor olduğu görülmüştür. Optimizasyon tekniği, çok sayıda kaynak ve hizmetlerin, ulaşım ağının tasarımı ve programlanması gibi kısıtlamalar gerektiren problemi çözmek için hesaplama açısından daha verimlidir. İncelemeye dayanarak, GA'ların geleneksel optimizasyon tekniklerine göre avantajlı olduğu ve tek bir noktadan ziyade puan kümeleriyle çalıştıkları sonucuna varılmıştır. Birden fazla olayın çeşitli varyasyonlarını değerlendirmesi nedeniyle, optimum çözümün olasılığını arttırdığı görülmüştür [60].

Yapılan literatür çalışmasında akıllı şehirler kapsamında ulaşım hizmetinin ve bilgi iletişim teknolojileri kullanmanın oldukça önemli olduğu görülmüştür. Bunun

yanında bilgi iletişim teknolojilerinin, verileri toplayarak anlamlandırmasının, doğru, hızlı ve kolay karar almak için gerekliliği tespit edilmiştir. Bununda coğrafî bilgi sistemleri ve yapay zekâ tekniklerinin kullanılması ile mümkün olabileceği anlaşılmıştır.



3. ÖRNEK UYGULAMALAR

Bilgi iletişim teknolojilerini kullanarak akıllı şehirler kapsamında çalışmalar yapan ve yine bu kapsamda daha etkin ulaşım hizmetinin verilebilmesine yönelik ulaşım planlaması yapan ya da yapmayı planlayan Dünya'daki ve Ülkemizdeki örnekler incelenmiştir;

3.1. Akıllı Şehir Uygulama Örnekleri

Dünya'daki ve Türkiye'deki gerçekleştirilen akıllı şehir uygulamaları incelenmiştir.

3.1.1. Dünyadaki akıllı şehir uygulama örnekleri

Dünya'daki akıllı şehir uygulama örnekleri arasında şu ana kadar devam eden akıllı şehir stratejisi olan Barselona, Tokyo, Singapur ve Masdar şehirleri temel özellikleri ve akıllı şehir stratejileri konusunda incelenmiştir.

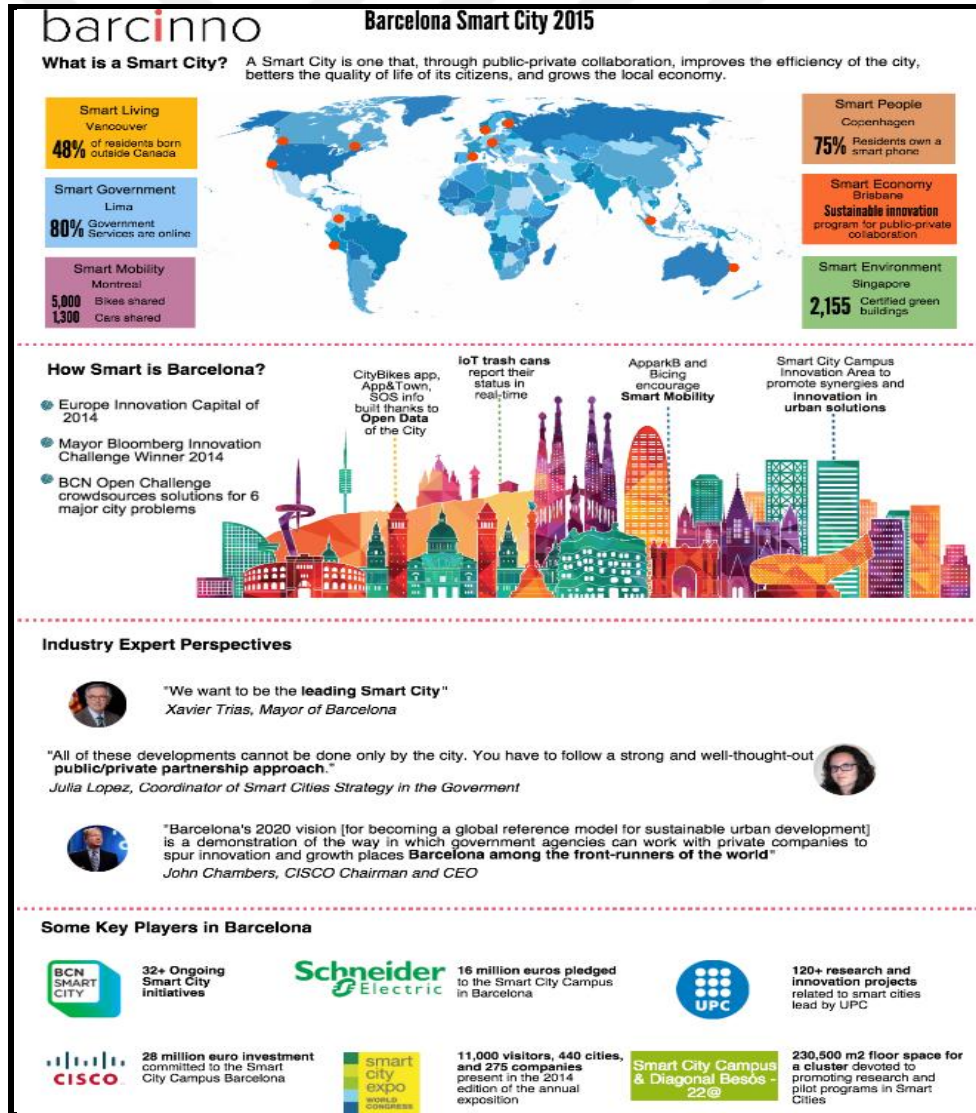
3.1.1.1. *Barselona örneği*

Akıllı şehirler ilçe, şehir, mahalle ve evlerin düğüm, bilgi ve insanların ise ağ akışı olarak düşünüldüğü bir internet topolojisine benzetilebilir. Barselona'da 2011 yılında seçilen belediye başkanı Barselona'ya akıllı şehir statüsü kazandırmaya karar vermiştir. Bu doğrultuda Barselona Şehir Konseyi tarafından planlama, çevre, altyapı, konut, ulaşım alanlarında adımlar atılmıştır. BİT alanında hizmet veren tüm departmanlar tek bir bölümde birleştirilerek sürdürülebilirlik ilkesinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Böylece şehirdeki nesnelerin birbiri ile bağlantılı olduğu, verimli, yüksek hızlı bir ağ yapısı oluşturarak, enerjisi kendine yeten, yenilenmiş, çevre, kent planlaması ve ekonomik verimliliğin oluşturulması sağlanmış bunun yanında BİT ile kentsel çözümler ve stratejiler oluşturulmuştur [61].

2011 yılında atılan akıllı şehir olma adımıyla birlikte 2014 yılında Avrupa Komisyonu tarafından verilen Avrupa Yenilik Başkenti, "iCapital" ödülü alınmıştır. Beş aşamalı olarak gerçekleştirilen projede öncelikle açık veri uygulamasına geçiş daha sonra sürdürülebilir şehir uygulamalarına (akıllı aydınlatma, elektrikli araçlara geçiş ve atıktan enerji üretme gibi) geçiş, daha sonra sosyal hizmetler ve yenilik uygulamalarına geçiş, daha sonra akıllı şehirlerle ilgili özel ve kamu kurumlarının ortaklıklarını sağlamak ve son olarak BİT ile akıllı hizmetlerin sağlanması ile birlikte akıllı şehir

statüsüne geçilmiş ve ödül kazanılmıştır. Barselona da, şehir gelişimi, istihdam ve yaşam kalitesinin son yıllarda arttığı görülmekte ve bundan sonraki on yılda da bu artışın devam edeceği öngörülmektedir. Ekonomik krizin İspanya'yı etkilemesine rağmen akıllı şehre geçiş süreci nedeniyle Barselona'nın bu krizden çok daha az etkilendiği görülmektedir [62].

2015 yılında Barselona, New York, Singapur, Rio de Janeiro ve Londra gibi şehirleri geride bırakarak dünyanın en akıllı şehri seçilmiştir. Akıllı Şehir sürecinin en temel faktörlerinden biri olan devlet ve özel sektör birlikteliğine önem verilen şehirde, trafiğin azaltılması, atıkların toplanması gibi yirmi ikiden fazla konuda belediye özel sektör ile işbirliği içerisinde çalışmaktadır. Şekil 3.1'de Barselona'da yapılan uygulamalar ve özel sektör işbirliği görülmektedir [63].



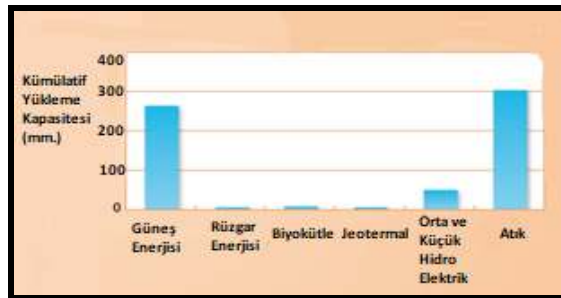
Şekil 3.1. Barselona akıllı şehir uygulama örnekleri [63]

Barselona akıllı şehir kapsamında yapılan çalışmalarda ulaşım açısından incelendiğinde, dikey, yatay ve çapraz hatlar birleştirilerek ulaşım hizmetinin yaklaşık yüzde 95'lik kısmının ana ulaşım ağı vasıtasıyla sağlandığı görülmektedir. Bu ağda elektrikli ulaşım araçlarının kullanılması ve güneş enerji panelleri bulunan akıllı otobüs duraklarının oluşturulmasıyla birlikte emisyonun düşürülmesi sağlanmıştır. Bunun yanında yolcular bilgilendirme ekranları ile bilgilendirilerek kişilerin zamanı daha etkin kullanabilmeleri ve böylece toplu taşıma araçlarını daha sık kullanmaları amaçlanmıştır [63].

3.1.1.2. Tokyo örneği

Japonya'da başkent Tokyo, ikinci büyük şehir olan Yokohama, Japonya ekonomisi için önemli bir role sahip Osaka ve eski başkent Kyoto şehirleri seçilerek akıllı şehir altyapıları incelenmiştir. Tokyo'nun akıllı enerji şehrine dönüştürülmesi için enerji tasarrufu, düşük karbon kullanımı, akıllı enerji yönetimi konularında şehrin enerji arz ve talebinin optimizasyonu ve kontrolünün yapılması amaçlanmıştır. Büyük doğu depreminden sonra Japonya'da enerji krizinin oluşması nedeniyle enerji tasarrufu sağlanarak akıllı enerji şehrine geçiş için adımlar atılmıştır. Ayrıca, sera gazı etkisi ile başa çıkmak için enerji tasarrufuna geçişe önem verilmiştir. Enerji tasarrufu ve enerji talebinin azaltılması ve enerji tasarrufu ile ilgili yeni iş fikirlerinin çıkarılabilmesi için seminerler düzenlenerek şirketlerle işbirliği yapılmış ve tasarruf desteklenmiştir. Şehirdeki parlaklığın revize edilmesi ile %18, güç kullanımının gerçek zamanlı yönetimi ile %33 oranında tüketim azalmıştır. Enerji tasarrufunun yanında 2020 yılında akıllı ve yeşil bir Tokyo oluşturulması planlanmakta bu kapsamda akıllı şebekelerin oluşturulması, yeni yeşil alanların oluşturulması hedeflenmektedir [64].

Tokyo şehrindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Tokyo Şehri yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı [65]

Japonya, yeşil teknoloji ve çözümler konusunda büyük bir pazar haline gelmiştir. Ekonomi açısından son zamanlarda yaşanan problemlere rağmen akıllı şehir sektöründe Japon ve Avrupalı şirketler ile yapılan işbirlikleri, akıllı şehir projelerinin sayılarının artması ve kapsamlarının genişlemesi, ekonomik problemlerin hissedilmesinin önüne geçmiştir. Yenilenebilir enerjiden, şebeke işletimine, atık yönetiminden, sürdürülebilir inşaatlara, mobil uygulamalardan, enerji yönetim sistemlerine kadar birçok sektördeki iş birliği sonucunda birçok şirkete ve bireye iş fırsatı sunulmuştur. Tablo 3.1'de Japonya'da akıllı şehir sektörüne ilişkin pazar büyüklüğü ve dağılımı gösterilmiştir [65].

Tablo 3.1. Japonya akıllı şehir pazar büyüklüğü ve dağılımı [65]

	2012 (JPY)	2020 (JPY)
Enerji Altyapısı	869 milyar	2,892 trilyon
Toplum BİT hizmetleri	354 milyar	670 milyar
Toplam	1.223 trilyon	3.562 trilyon
Teknoloji pazarı bileşenleri dahil toplam	8.556 trilyon	12.883 trilyon

Tablo 3.2'de görüldüğü gibi enerji tüketiminin büyük bir çoğunluğu ticari ve konut alanlarında gerçekleşmektedir. Ulaşım alanındaki enerji tüketimi incelendiğinde akıllı şehirler kapsamında yapılan uygulamaların enerji tüketimini düşürdüğü görülmektedir.

Tablo 3.2. Tokyo'daki enerji tüketiminin alanlarına dağılışı [65]

	<i>Ticari</i>	<i>Konut</i>	<i>Ulaşım</i>	<i>Endüstri</i>
2000	30.7%	25.2%	32.1%	12%
2010	35.8%	30.6%	23.8%	9.8%
2012	35.1%	31.5%	23.8%	9.6%

3.1.1.3. Singapur Örneği

Uluslararası hava ve deniz yollarının kesişiminde bulunmasının coğrafi avantajı dışında tek kaynağı yaşayan insanların varlığı olan ada ülkesi Singapur, fikirleriyle hayata tutunmak zorunda kalmıştır. Endüstriyel bir ekonomiden, bilgi ekonomisine olan geçiş, Singapur'un, bilgi teknolojilerini benimsemesini daha da gerekli hale getirmiştir. Hükümet, Singapur'un geleceğini Akıllı Ada olarak tanımlamış ve gerekli altyapıyı inşa etmek için büyük bir program başlatmıştır. Bu programın amacı tüm insanlar için yaşam

Akıllı ev ve akıllı şebekeler entegre edildiğinde, merkezi kontrol sağlanarak enerji tasarrufu için akıllı teknolojiler tam bir etkiye sahip olacaktır. Böylece bina tasarımları ve çevresel kavramlar bu çerçevede oluşturularak enerji tasarrufunun yanında yaşam konforu da olumlu etkilenecektir [67].

3.1.1.4. Masdar Örneği

2006 yılında sıfır karbon düşüncesiyle sıfırdan kurulmaya başlanan Masdar Şehri, dünyaca duyulan bir şehir haline gelmiştir. Çevre, ulaşım, güvenlik, yönetim, altyapı, enerji, su, gaz ve eğitim sistemleri gibi hizmetler IoT teknolojileri ile sağlanmaktadır. Kentte arazi kullanımı ve ulaştırma planlaması CBS ve GPS teknolojileri kullanılarak oluşturulmaktadır. Şehirdeki yaşama alanlarının toplu taşıma bölgelerinin yakınında konumlandırılması düşünülmektedir. Ulaşım, enerji ağının planlanması, potansiyel taleplerin karşılanması ve sıfır atık ile bu hizmetlerin verilmesi için şehrin altyapısı CBS teknikleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Enerji verimliliği, su yönetimi, CO2 emisyonunun düşürülmesi ve atık yönetimi ile sürdürülebilir bir şehir kurulması amaçlanmıştır. 40.000 vatandaşın yaşayacağı ve günlük 70.000 kişinin bulunacağı düşünülen şehir, tamamen sürdürülebilir malzemeler ile inşa edilmekte, rüzgârın kuvvetli olduğu noktalara rüzgâr tribünleri konumlandırılmakta ve çatı yüzeylerinin her santimi güneş panelleriyle donatılmaktadır. Arabalar yeraltında konumlandırılan garajlara yerleştirilirken, Şekil 3.4’de görülen elektrikli, sürücüsüz, transit araç filoları oluşturulmaktadır [68].



Şekil 3.4 Masdar elektrikli transit araç filosu [68]

Sürdürülebilir akıllı şehirler genellikle ekolojik sistem dengesinin korunması için planlanmaktadır. Doğal enerji kaynakları, gelecek nesillerin yaşamı göz önüne alındığında, özellikle güneş, rüzgar, gelgit ve jeotermal enerji kaynaklarına bağlı olarak maksimum oranda kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlik ve akıllı şehircilik alanlarında Masdar Akıllı Şehri örnek alınmalı, enerji tasarrufu, akıllı su yönetimi, atıkların azaltılması ve doğal kaynakların kullanılmasına çalışılmalıdır [68].

Masdar şehrinin akıllı şehircilikte bu kadar başarılı olmasının sebebi sıfırdan kuruluyor olması ve altyapının akıllı şehircilik kavramı baz alınarak oluşturuluyor olmasıdır. Var olan bir şehir için akıllı şehirciliğin uygulanması daha ucuz olsa da daha karmaşık olacak ve altyapı oluşturmak daha zor olacaktır. Akıllı şehirler kapsamında incelenen şehirlerin her birinin kendi ihtiyaçlarına yönelik uygulamalar yaptığı görülmüş ancak Masdar şehrinde daha geniş kapsamlı olarak uygulandığı görülmüş ve ulaşımın akıllı şehircilik kapsamında oldukça önemli olduğu görülmüştür.

3.1.2. Türkiye’deki akıllı şehir uygulama örnekleri

2015 yılında yaklaşık 78 milyon 665 bin olan Türkiye nüfusunun yüzde 70’inden fazlası kentlerde yaşamaktadır. Bu sebeple şehrin yoğunluğunun azaltılması, şehir sakinlerinin yaşam kalitesinin artırılması için çeşitli projeler, teknolojik yenilikler, uygulamalar, akıllı taşımacılık gibi hizmetler oldukça önem kazanmaktadır [69].

Bu kapsamda, Türkiye’de Eskişehir, İstanbul, Konya ve Antalya şehirleri akıllı şehircilik kapsamında incelenmiştir.

3.1.2.1. Eskişehir örneği

Eskişehir ilinde toplu taşıma araçlarının yükü raylı sistem devreye alınarak azaltılmış ve ulaşımın çok büyük bir bölümü tramvayla sağlanarak yüksek oranda karbon salınımı düşürülmüştür. Bisiklet yollarının artırılmasıyla bisiklet kullanımının artırılması da karbon salınımının azaltılmasını desteklemiştir [70]. Eskişehir ili tramvay ağ haritası Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Eskişehir İli tramvay haritası[71]

2018 yılında kurulan Katı Atık Geri Dönüşüm tesisi ile çöplerden katı atıklar ayrıştırılarak, kalan kısım, fermantasyon işlemi ile çürütülerek, ortaya çıkan metan gazı 36 metre çapındaki balonda toplanacak ve dizel motorlar vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Çevrenin korunması ve geliştirilmesinin yanında enerji ihtiyacının da karşılanmasını sağlayacak tesiste, her biri 1.4 Megawatt elektrik üreten 8 dizel motor ile günlük toplam 11.2 Megawatt elektrik üretilmektedir. Böylece yaklaşık 55 bin konutun günlük elektrik ihtiyacı karşılanabilmektedir. Bunun yanında 2000 metre kare büyüklüğündeki sera ile şehirde kullanılmak amacıyla çiçek ve süs bitkisi üretilecektir [72]. Katı Atık Geri Dönüşüm Tesisi, Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Katı atık geri dönüşüm tesisi

Bunların yanında Tepebaşı bölgesinde güneş enerji panellerinden elektrik üretimi, %100 elektrikli otobüs filosunun kurulması ve örnek bir akıllı şehir minyatürü olan yaşam köyünün kurulması gibi çalışmalarla Eskişehir ilinde akıllı şehircilik kapsamında özellikle çevre ve hava kirliliği konusunda büyük çalışmalar gerçekleştirilmiştir [73].

3.1.2.2. *İstanbul örneği*

Şehirlerdeki nüfusun büyük bir çoğunluğunun şehir merkezlerinde yaşaması nedeniyle, hava kirliliği, trafik problemi, çarpık yapılaşma, eğitim, sağlık, güvenlik, iletişim ve altyapı gibi hizmetlerin aksaması gibi birçok problem ortaya çıkmaktadır. İstanbul, kalabalık nüfusu sebebiyle bu sorunların en yoğun yaşandığı şehirdir. Dünya'nın birçok şehri gibi akıllı şehir olma hedefindeki İstanbul, akıllı şehir hedefinden önce bu yoğunluk sorununu aşma konusunda akıllı şehircilik uygulamalarını hayata geçirmelidir [12].

Yaklaşık 16 milyon nüfusa sahip olan İstanbul şehrinde akıllı şehircilik kavramı olmazsa olmaz bir durum teşkil etmektedir. Belediyenin yanı sıra belediyeye bağlı İsbak ve İsttelkom şirketleri de akıllı şehircilik kapsamında atılan adımlara destek vermektedir. Akıllı şehircilikte, ulaşım, çevre, enerji, ekonomi, turizm, güvenlik, iletişim ve şehrin yönetimi konularının üzerinde durulmaktadır. İlk adım olarak bir veri merkezinin kurulmasıyla acil durumların yönetimi ve verilerin toplanarak analiz edilmesi sağlanmıştır. Daha sonra sinyalizasyon sisteminin, durakların, park sisteminin, tabelaların, araç takibinin akıllandırılması, mobil uygulamalar ile toplu ulaşım araçları ve trafik yoğunluğunu bildirme, kurulan trafik kontrol merkezi ile elektronik ortamda trafiğin denetlenmesi ve kontrol edilmesi gibi uygulamalar geliştirilmiş, karbon salınımının düşürülmesi ve daha hızlı ulaşım hizmetinin verilebilmesi için metro ve metrobüs hatları artırılmış, bisiklet paylaşımı uygulaması geliştirilmiştir. Böylece ulaşım konusunda akıllı şehircilik anlamında adımlar atılarak yoğun ulaşım hareketlerinin kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Çevre konusunda ise akıllı sayaçlar üretilmiş, scada sistemine geçilmiş, atık su arıtma tesisi kurulmuş, çevre kontrol merkezi kurulmuş ve akıllı aydınlatma sistemine geçilmiştir [74].

İstanbul yoğunluk ve büyüklük açısından diğer şehirlerden çok daha karmaşıktır. Bu yüzden toplu taşıma araçlarının ne zaman geleceği, seyahat sürelerinin tahmini, ulaşımın denetlenmesi ve kontrolü çok daha zordur. Ayrıca İstanbul'da çalışan sistemlerin diğer şehirlerde çok daha kolay ve etkili çalışacağı düşünülmektedir. Acil durumlarda felaketin önlenmesi adına enerji dağıtımının özellikle doğalgazın sensörler vasıtasıyla yapılarak acil olarak kapatılabilmesi de scada sisteminin yanında gereklilik kazanmaktadır [75].

3.1.2.3. Konya örneği

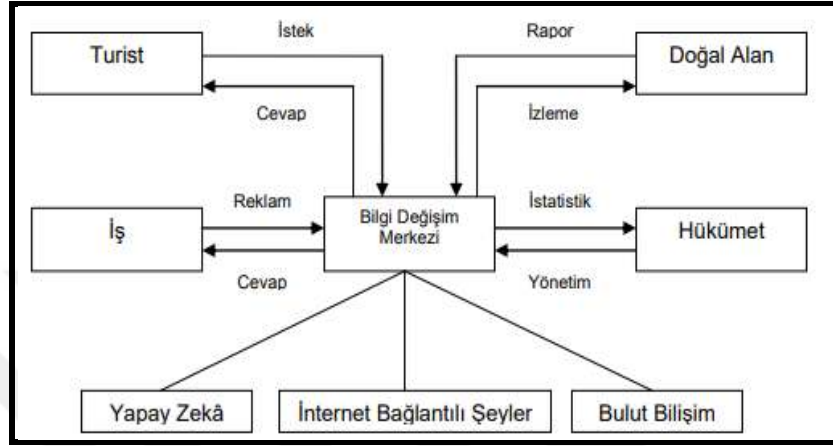
2012 yılında Batı Asya ve Ortadoğu Bölge Teşkilatı'na üye olan Konya, 2014 senesinde akıllı şehirler komitesi başkanı olmuştur. Teknoloji altyapısını geliştiren şehirde, akıllı şehirler kapsamında, akıllı toplu ulaşım hizmetinin sağlanması, doğalgazlı toplu ulaşım sisteminin başlatılması, tramvay sisteminin oluşturulması, akıllı kavşak sistemlerinin entegrasyonu ve akıllı bisiklet uygulamaları ulaşım alanında hayata geçirilmiştir. Çevre ve enerji alanlarında ise katı atıktan elektrik üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları ile park aydınlatmalarının yapılması, atık su arıtma tesisinden elektrik ve biyogaz üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Konya, özellikle ulaşım ve çevre alanındaki çözümleriyle atık toplama sistemi, hava kalitesinin iyileştirilmesi, akıllı bina uygulamaları ile akıllı şehir kapsamında değerlendirilmektedir [76].

Atık su arıtma tesisi ile oluşturulan 24 km ağ üzerinden geri dönüşüm ile su temin edilerek yıllık yaklaşık olarak 3 milyon metrekarelik alan sulanabilmektedir. Bunun yanında çamur stabilitesi yöntemi ile biyogaz enerjisi üretilmektedir. Geniş cadde ve sokaklara sahip olduğu için trafiğin daha rahat kontrol edilebildiği şehirde kavşaklar akıllandırılarak daha kolay yönetimi sağlanmış ve bütün iletişim araçları birbiriyle haberleşerek akıllı ulaşım sistemi oluşturulmuştur. Şehir bilgi sistemi, atıksu arıtma ve elektrik üretim tesisleri ile akıllı ulaşım sistemi olarak dört ana başlıkta akıllı şehir uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bunların yanında, ücretsiz internet erişim hizmeti, hasta takip cihazları, akıllı park sistemi, engelli erişimi için uygun altyapı gibi hizmetlerin de entegre edilmesi önerilmektedir [69].

3.1.2.4. Antalya örneği

TÜRKSAT ile 2015 yılında imzalanan Akıllı Kent Uygulaması protokolüyle birlikte ilk aşama olarak, belediyenin plajları, parkları gibi açık alanlarında ücretsiz internet erişimi hizmeti verilmiştir. Kronik hastalığı olan kişilerin takibi amacıyla tansiyon ve kan ölçüm cihazları, akıllı telefon ve danışmanlık sunulmuş bunun yanında panik butonu uygulamasıyla ileri yaştaki takibe ihtiyacı olan vatandaşlara panik butonu verilerek takipleri sağlanmıştır. Kiosklar kurularak şehir ile ilgili bilgilendirmeler yapılmıştır. İkinci aşamada ise akıllı kavşak ve denetleme sistemi, akıllı sulama sistemi, akıllı aydınlatma sistemi projeleri ile sensörler yardımıyla enerji tasarrufunun sağlanması ve güvenli, etkin hizmetin sağlanması amaçlanmıştır [77].

Akıllı şehir projesinin başlamasıyla birlikte teknoloji, turizm, ulaşım, sağlık, güvenlik ve belediye hizmetlerinde ilerleme sağlanmış ve önemli bir turizm şehri olan Antalya’da turizm açısından da oldukça faydalı olacak ve akıllı şehir kavramı ile birlikte akıllı turizme olanak sağlanarak turizm sektörünün de gelişeceği düşünülmektedir [78]. Şekil 3.7’de akıllı turizmin yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Akıllı turizm yapısı [78]

Akıllı şehir örnekleri incelendiğinde, yurtdışındaki örneklere bakıldığında genelden özele doğru inilerek binalarda enerji verimliliği gibi konular üzerinde durulduğu görülürken ülkemizde ise Dünya’daki akıllı şehir uygulamalarından geri kalınmadığı ve yakından takip edilerek uygulanmaya başlandığı görülmektedir. Şehrin altyapısının akıllı şehir için uygun olmasının süreci kolaylaştıracağı, daha hızlı ve etkin sonuçlar elde edileceğini göstermektedir. Gerek Dünya’dan gerekse Türkiye’den akıllı şehir örnekleri incelendiğinde ulaşımın akıllı şehirler için olmazsa olmaz öneme sahip olduğu görülmüştür.

3.2. Ulaşım Uygulama Örnekleri

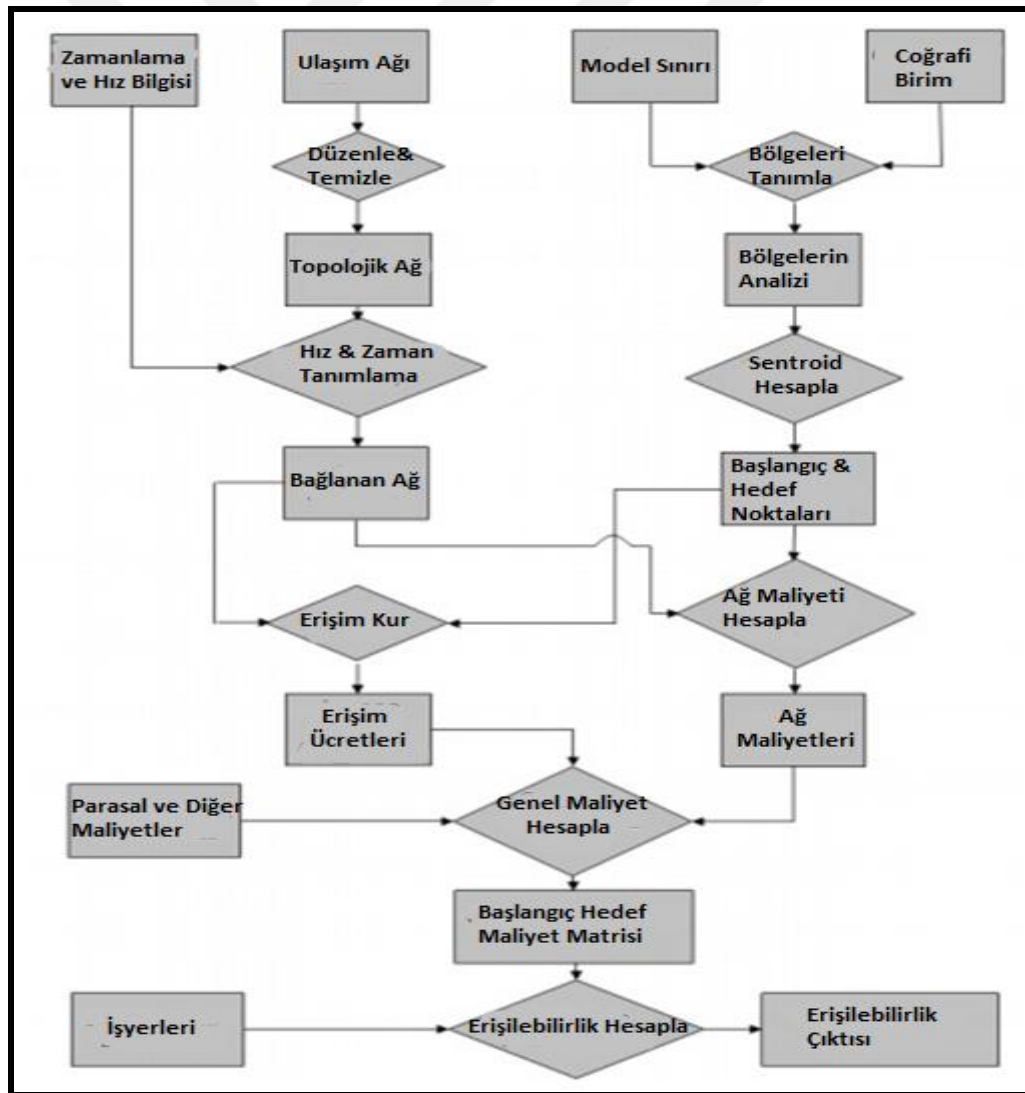
Dünya’da ve Türkiye’de gerçekleştirilen ve başarılı olunan ulaşım uygulamaları incelenmiştir.

3.2.1. Dünya’daki ulaşım uygulama örnekleri

Dünya’da ulaşım konusunda başarılı ve ulaşım planlamalarını çeşitli teknik ve stratejilerle yapan şehirler; Londra, Newyork, Shangai ve Singapur şehirlerinin ulaşım planlama örnekleri incelenmiştir.

3.2.1.1. Londra örneği

Londra şehrinde farklı ulaşım alternatiflerinin erişilebilirlik analizi için CBS tabanlı bir model sunulmuştur. Daha esnek olabilmek ve kamuya açık verileri kullanabilmek için ArcGIS programı ile tasarlanan bu model maliyet ve erişilebilirliğini ölçebilecek, ulaşım alternatifleri arasında çok daha hızlı oluşturulabilecek ve karşılaştırılabilecektir. Mekânsal olarak erişimin çok sağlandığı belirli yerlere erişilebilirliğin sağlanması amaçlanmış gelecekte düşük karbonlu ulaşım yöntemlerinin kullanımını artırmayı hedefleyen altyapı simülasyonu denenmiştir. Bu deneme sonucunda Londra'da özel araç yolculuklarının en düşük maliyetli seçenek olduğu gözlemlenmiş ve kurulması planlanan altyapı ile daha sürdürülebilir ulaşım seçeneklerinin oluşacağı böylece toplu taşıma maliyetlerinin düşürülebileceği görülmüştür [79].



Şekil 3.8. Londra kenti için önerilen ulaşım altyapı modeli algoritması [35]

Modele ait algoritma öncelikle bölgenin mekânsal olarak oluşturulmasını sonrasında ulaşım ağlarının oluşturulmasını ardından her alternatif için hesaplama yapılarak son olarak gerçekleşen ulaşım hareketlerini yoğunluk, ikamet gibi oranları belirlemek için hesaplandığını anlatmaktadır [79].

Sonuç olarak Londra için altyapı modeli ile düşük karbonlu ulaşım alternatiflerinin değerlendirilebilmesi ve böylece düşük karbon salınımının sağlanması ulaşım planlarında hızlı bir şekilde değişiklik yapabilmek, hızlı sonuçlar alabilmek yani erişilebilirliğin artırılması düşünülmekte ve 2025 yılı için planlanan model bu çerçevede ilerlemektedir [79].

3.2.1.2. Singapur örneği

Londra örneğinde planlamanın düzenlenmesi ile erişilebilirlik ve tasarruf hedeflenirken Singapur için trafik sıkışıklığının önüne geçilmesi için daha hızlı ve daha ucuz ulaşım hizmeti verilmesi, bunun yanında konfor isteyen vatandaşlara ise özel araçlarından ziyade toplu taşıma araçlarını tercih etmeleri için oturma garantili özel otobüs hizmeti, okul servisleri, gece ulaşım hizmeti gibi imkânlar sunulmaktadır [80].

Premium otobüs hizmeti ile aktarmasız, daha rahat ve oturarak seyahat garantisi gibi daha üst seviyede hizmet sunulmakta ve bu hizmetler daha yüksek ücret ile gerçekleşmektedir. Hızlı otobüs hizmeti ile daha az dur kalk yaparak ve standart yönlendirmeden ziyade inisiyatif kullanarak daha esnek bir yönlendirme ile sabah ve akşam yoğunluk yaşanan saatlerde yaklaşık %20 yolculuk süresi kısaltılmıştır. Singapur'da bulunan bütün otobüs duraklarında, hedefe nasıl ve daha hızlı ulaşılacağı ile ilgili bilgi rehberleri bulunmaktadır. Bunun yanında birçok durakta yolcuların bekledikleri aracın ne zaman gelecekleri ile ilgili bilgilendirme yapılmaktadır [80].

2014 yılında yaklaşık 180 km. olan demiryolu ağının 2020 yılında 280 km. ve 2030 yılında yaklaşık 360 km. olması hedeflenmektedir. Daha güvenli ve verimli olan demiryolu ulaşım alanı genişletilerek şu anda yaklaşık %60 oranında otobüslerle gerçekleşen toplu ulaşım hareketlerinin ana ulaşım sistemi olması planlanan demir yolu sistemini tamamlayacak bir sistem olarak geliştirilmekte ve genişletilmesi planlanmaktadır [80].

Ulaşım sistemini otomasyona sokma ve sürdürülebilir politikaları uygulama ihtiyacından dolayı Singapur, ulaşım sistemine büyük ölçüde akıllı teknoloji eklemiştir. Ulaşım sisteminin sürdürülebilirliğini geliştirirken, doğru izleme, hızlı işleme ve güvenilir kontrol yoluyla insan katılımını azaltan teknolojik sistemlere sahip olmak amaçlanmaktadır. Akıllı teknolojilerin kullanılmasıyla birlikte mobilite ve erişilebilirliğin artırılması, emniyet ve sosyal eşitliğin sağlanması, sistem verimliliğinin artırılması, çevrenin korunması ve ekonominin teşviği gibi farklı sürdürülebilir ulaşım konuları ele alındığında genel olarak teknolojilerin, sürdürülebilir bir ulaşım sistemine ulaşılmasına yol açan politikaların uygulanmasını kolaylaştırdığı görülmektedir. Trafik akışı, yakıt tüketimi ve emisyonların azaltılması hedefiyle toplu taşımacılığın özel taşımacılığa uygulanabilir bir alternatif olarak tanıtılması, otobüs öncelikli sinyal sistemi, otobüs şeridi uygulama sistemi, gerçek zamanlı hizmet bilgilerinin kullanılabilirliği gibi birçok akıllı teknolojinin kullanılması ile Singapur toplu ulaşım sisteminin etkinliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Trafik ve seyahatlerle ilgili bilgilerin mevcudiyeti ile daha az sıkışık, daha hızlı ve daha güvenli bir yolculuk sağlanabilmesi için rota planlamada sürücünün esnekliği artırılmış, kavşaklardaki sürücülerin ve yayaların güvenliğini artırmak için, yol ağlarının ve çevrenin verimliliğini artıran bir dizi akıllı trafik kontrol sistemi kullanılmıştır. Elektronik ücret ödeme sistemi, trafik sıkışıklığını yönetmek için yol ve fiyatlandırma politikasını kolaylaştırmak için başarıyla uygulanan bir başka akıllı teknolojidir [13].

Bu teknolojiler, Singapur ulaştırma sistemini, toplu taşımayı teşvik eden, tıkanıklığı yöneten, genel verimliliği artıran, seyahat süresini ve çevresel emisyonları azaltan ve güvenliğini artıran sürdürülebilir bir sistem olarak şekillendirmek için birlikte hareket eder. Sürdürülebilir bir ulaştırma sistemi elde etmek için akıllı teknolojilerden yararlanma konusundaki Singapur deneyimi, teknolojilerin ulaştırma sisteminin genel güvenliğini ve verimliliğini arttırdığını göstermektedir. Ayrıca, ilgili otoritelerin daha akıllı teknolojiler kullanarak sürdürülebilirliği teşvik etmeye kararlı olduğunu da göstermektedir [13].

3.2.1.3. *Shangai örneği*

Hava kirliliği ve kalabalık ile mücadele etmekte olan Çin Halk Cumhuriyeti'nin en büyük kenti olan Shangai'ın ulaşım konusunda yapmış olduğu planlar incelendiğinde

Londra ve Singapur örneklerine nazaran çok yoğun gerçekleşen ulaşım hareketlerinin büyük bir kısmının toplu taşıma ile karşılanabilmesi amaç edinmiştir [81].

Çin'deki ekonomik büyüme, yakın gelecekte ortadan kalkmayacak olan yoğunluk ve kentsel yayılmaya sebep olmaktadır. Ekonomik büyümenin devam etmesi, çevrenin iyileştirilmesi, enerji tüketiminin azaltılması ve kent sakinlerine hizmet sunulması için zorluklar yaratmaktadır. İyi gelişmiş bir toplu taşıma sistemi, özellikle büyük şehirlerde, Çin'deki kentsel ulaşım sorunlarını çözmenin en iyi yolu olacaktır. Şehirlerin hızla büyümesi araçsız seyahatleri olanaksızlaştırmaktadır. Bu nedenle, toplu taşımacılık, en uygun seçim olmaktadır. Düşük maliyetli toplu taşıma sistemlerini genişletmek ve geliştirmek için daha fazla yatırım yapılmalı, bütünleşik servis planlaması, arazi kullanım planlaması ve gelişmiş transit teknolojilerinin kullanımı üzerinde daha fazla çalışılmalıdır [82].

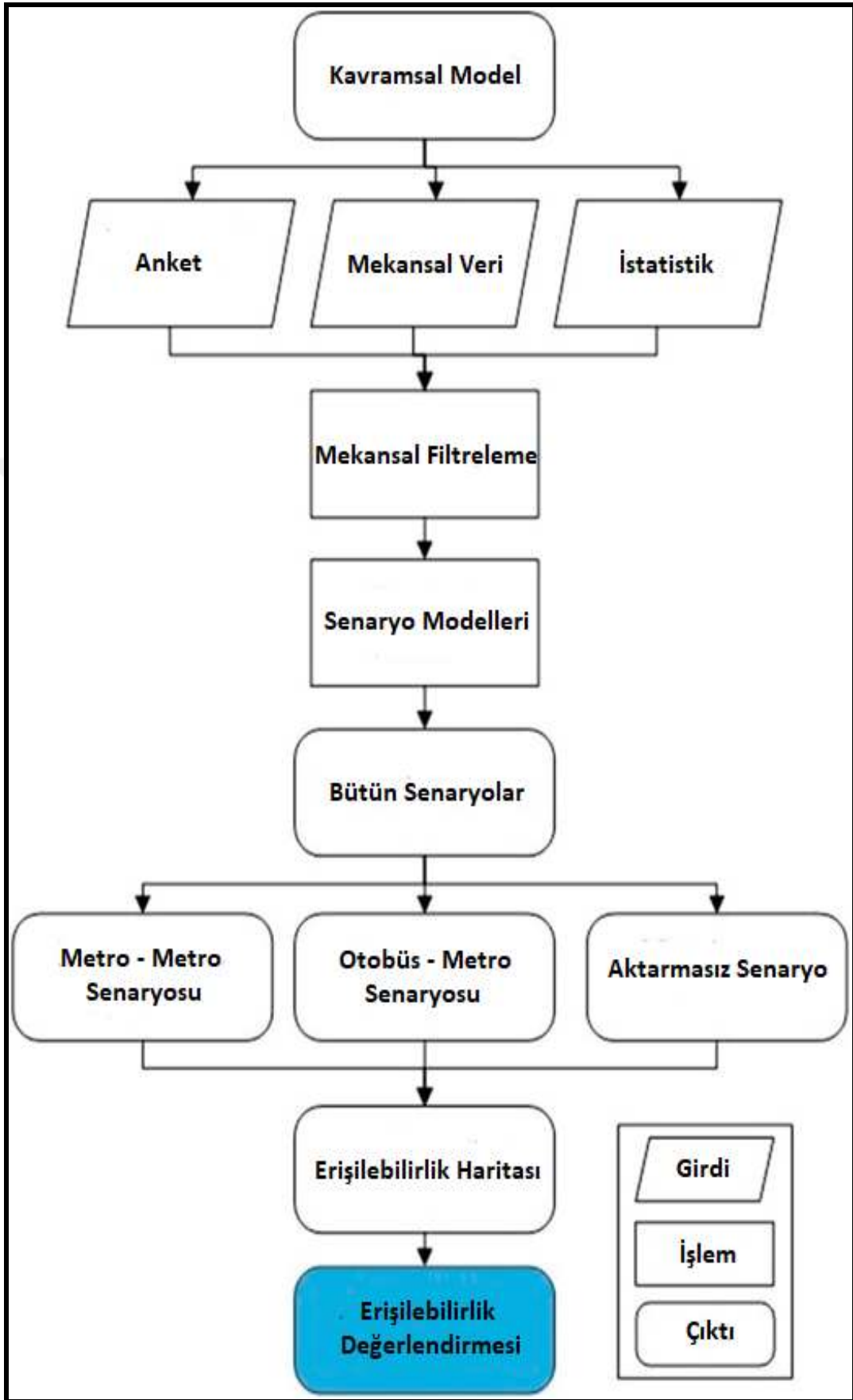
Shanghai kenti için yapılan planda ulaşım hareketlerinin fazlalığı ve çevre kirliliği konularında yaşanan problemlerden dolayı ulaşım ağının genişletilmesi, önemli lokasyonlara demir yolu ağının kurulması ve demiryolu taşımacılığının ulaşım hareketlerinin büyük bölümünü karşılaması, demiryolu taşımacılığının toplu taşıma araçları ile desteklenmesi planlanmaktadır. Yoğun ulaşım hareketlerinin karşılanması ve arkasından 5 dakikalık periyotlar ile toplu taşıma araçlarının çalıştırılabilmesine imkân olacak şekilde gelişime açık olması düşünülmektedir. Ulaşım ağının geliştirilmesinin ardından toplu ulaşımında memnuniyet ve erişilebilirliğin artırılması ile insanların bireysel araçlarından uzaklaşmalarını sağlayacak politikaların geliştirilmesi hedeflenmektedir. Toplu ulaşım payının artırılmasının ardından çevreye verilen zararı minimuma indirmek amacıyla karbon emisyonu düşük, yeni teknoloji enerjiler ile çalışan ve çevreye duyarlı araçların kullanımının yaygınlaştırılması istenilmektedir [83].

Mayıs ayında Shanghai şehrinde düzenlenen fuarda tamamen elektrikli, yaklaşık 40 km menzilli ve saatte 40 km hıza ulaşabilen iki tekerlekli, iki yolcu taşıyabilen, 1,5 metre uzunluğunda araçların üretileceğini açıklandı. İlerideki yoğunluğun düşünülerek tasarlandığı araçlar Şekil 3.9'da görülmektedir.

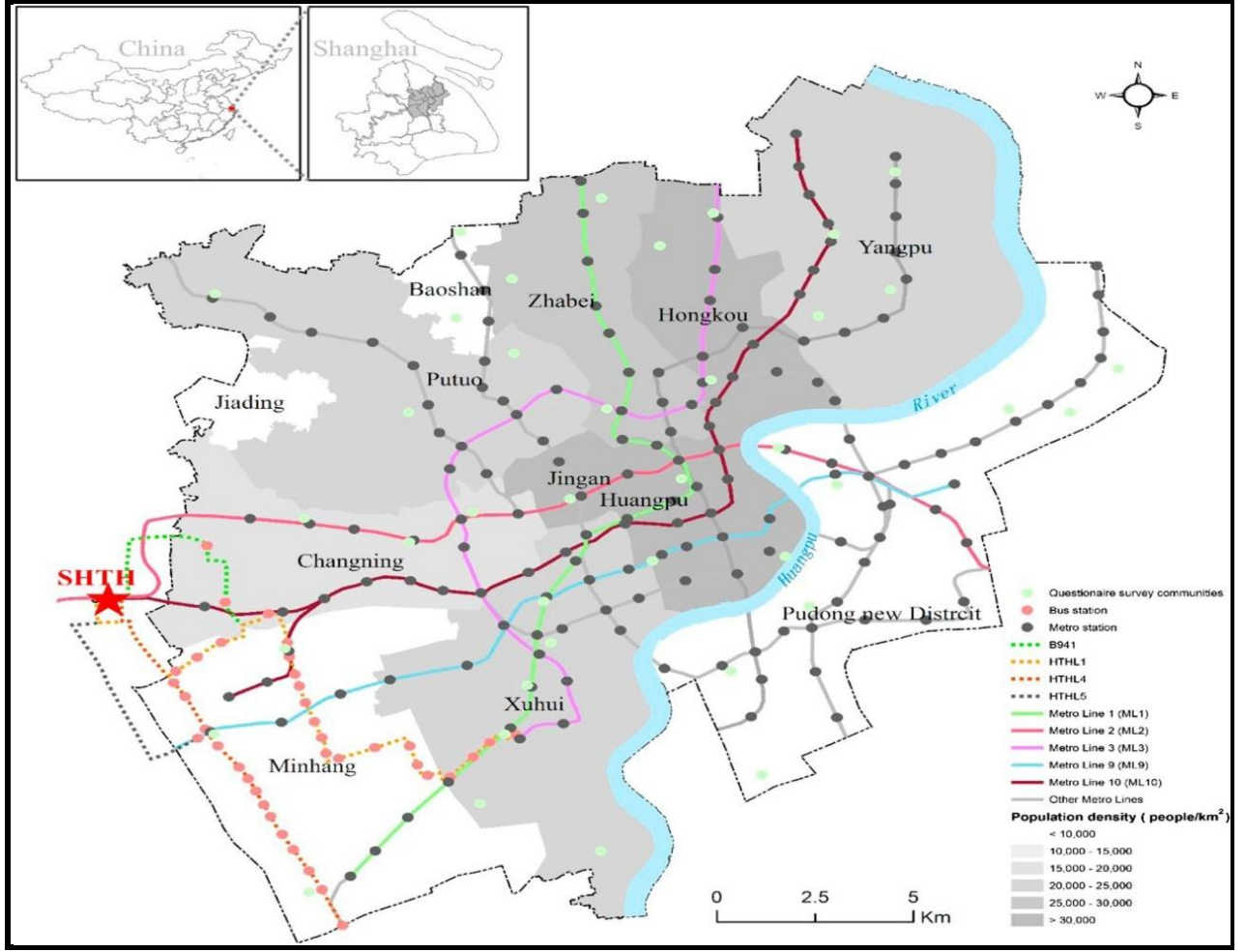


Şekil 3.9. Yoğunluğu azaltmak için tasarlanan elektrikli kişilik araç prototipi [84]

Shangai kentinde diğer şehirlerde görülen planlama çalışmalarından ziyade sürekli artmakta olan yoğunluk ve çevre kirliliğini çözebilmek adına sürekli toplu taşıma ağı ilave ve iyileştirilmesi yapılarak yoğunluğun toplu ulaşım ile çözülmesi düşünülmektedir. Shangai toplu taşıma sisteminde kullanılan erişim haritası oluşturulması için kullanılan algoritma Şekil 3.10’da erişim haritası ise Şekil 3.11’de gösterilmiştir [81].



Şekil 3.10. Shanghai toplu ulaşım erişim algoritması[81]



Şekil 3.11. Shanghai toplu taşıma erişim haritası [81]

3.2.1.4. Newyork örneği

New york şehri için 2030 yılına kadar gerçekleştirilmesi düşünülen ulaşım çalışmaları incelendiğinde, Singapur ve shanghai'de gözlemlenen yoğun araç trafiği ve çevre kirliliğine çözüm üretmek amacıyla hat ve rotalama optimizasyonundan ziyade ulaşım sistemindeki var olan yoğunluğun yeni tramvaylar, hibrit feribotlar, bisiklet paylaşım programları, aerobus gibi alternatif ulaşım yöntemleri ile destekleyerek toplu taşıma sistemlerinde yapılacak geliştirmeler ile özel araç kullanımının azaltılması planlanmaktadır. Ulaşım, bir yere erişmek demektir. Ulaşım hizmetinin yaygınlaşmasıyla nüfus yayılımı artacak ve nüfus yoğunluğu azalacaktır [85].

Hareketlilik, Güvenilirlik, Güvenlik, Sürdürülebilirlik ve Ekonomik Rekabetçilik boyutlarında planlama ele alındığında gezginlerin modları ve operatörleri arasında kendi bireysel ve iş ihtiyaçlarını karşılayan yolculukları tamamlayabilecekleri kusursuz bir sistem olarak tanımlanmalı, ulaşım planlanırken seyahat talepleri tahmin

edilebilmelidir. Bölge ve alt bölgelerdeki nüfus artışları, iş yerlerine gerçekleşen ulaşım yoğunluklarına göre planlar oluşturulmalıdır [86].

Dünya çapındaki ulaşım planları incelendiğinde Londra kentinde mekânsal veri analizleri neticesinde ulaşım hareketlerine ait gerçeğe yakın bir model çıkarılması planlanmaktadır. Singapur Şehir Ülkesi'nde verilmekte olan oturma garantili, daha konforlu ulaşım hizmeti vermek ve bu araçların rotdalanması hizmeti Newyork ve Shangai kentlerindeki toplu ulaşımı genişletme ve geliştirme çabası dikkat çekmektedir.

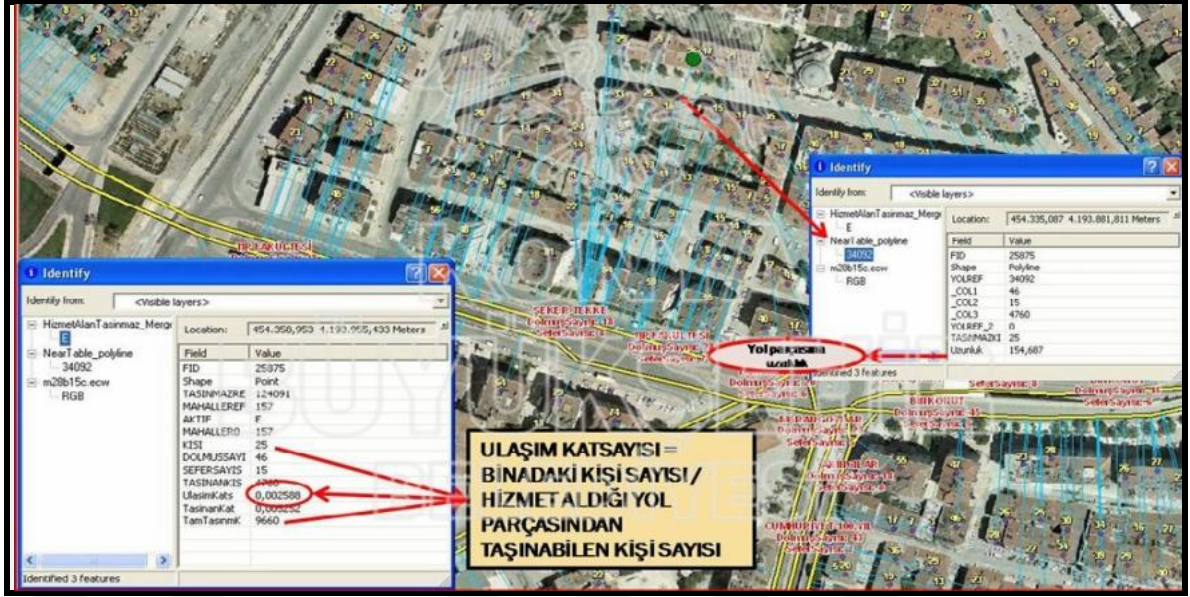
3.2.2. Türkiye'deki ulaşım uygulama örnekleri

Ülkemizde yapılmakta olan ulaşım planı çalışmaları Konya, İstanbul ve Eskişehir ilindeki örnekler incelenmiştir.

3.2.2.1. Konya örneği

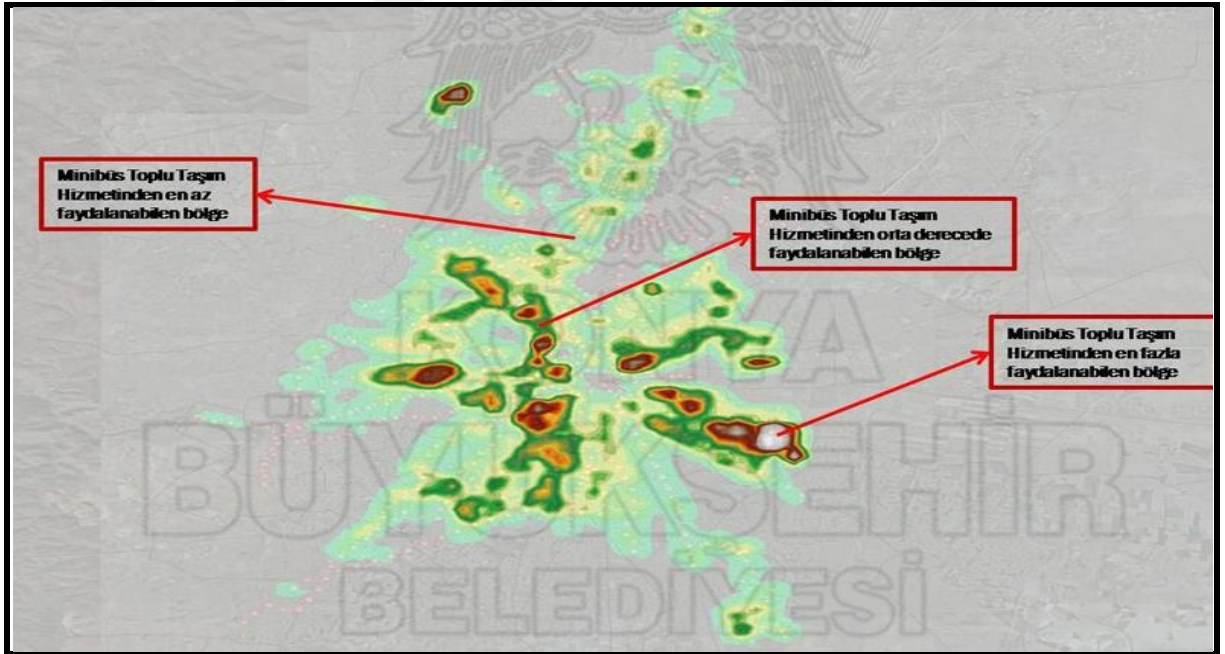
Konya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Planlama ve Raylı Sistemler Dairesi Başkanlığı tarafından yapılan çalışmada, alternatif güzergâhları belirleyebilmek için minibüs güzergâhları üzerindeki kişi yoğunlukları analiz edilerek yoğunluk durumuna göre güzergâh belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde, güzergâh hat isimleri, hat numaraları, çalışan minibüs sayısı, güzergâh tipi(gidiş, dönüş), güzergâhta bulunan minibüslerin yaptığı sefer sayısı veritabanına işlenmiştir. Binaların coğrafi konumu ile yaşayan kişi sayısı bina verisi olarak kullanılmış, güzergâhlara 300 metrelik yürüme mesafesi hizmet mesafesi olarak varsayılmıştır. Belirlenen 300 metrelik mesafeye göre ArcGIS distance straight line mesafe analiz yöntemi ile hatlar analiz edilerek sonuçlar reclassify ile yeniden sınıflandırılarak 10 gruba ayrılmıştır. Analiz sonucu 300 metrelik mesafe içerisinde binalar, hizmet alma derecelerine ayrılmıştır. Belirlenen mesafenin dışında kalan binalar ise minibüs ulaşımı hizmetinden yararlanamayan nüfus olarak belirlenmiştir. Minibüs hizmetinden yararlanamayan nüfusun yoğunluk analizi yapılarak öncelikle hizmet gitmesi gereken bölgeler analiz edilerek alternatifler belirlenmiş binalar ve minibüs güzergahları analiz edilebilmek için sayısallaştırılmıştır [87].

Şekil 3.12'de hatlardan geçen toplam minibüs sayısı ile bu minibüslerin kapasiteleri hesaplanmıştır böylece yol ve etrafındaki 300 metrelik alanın yoğunluk ve taşıma kapasitesi belirlenmiştir.



Şekil 3.12. Binaların minibüs hatlarından yararlanma katsayısı[36]

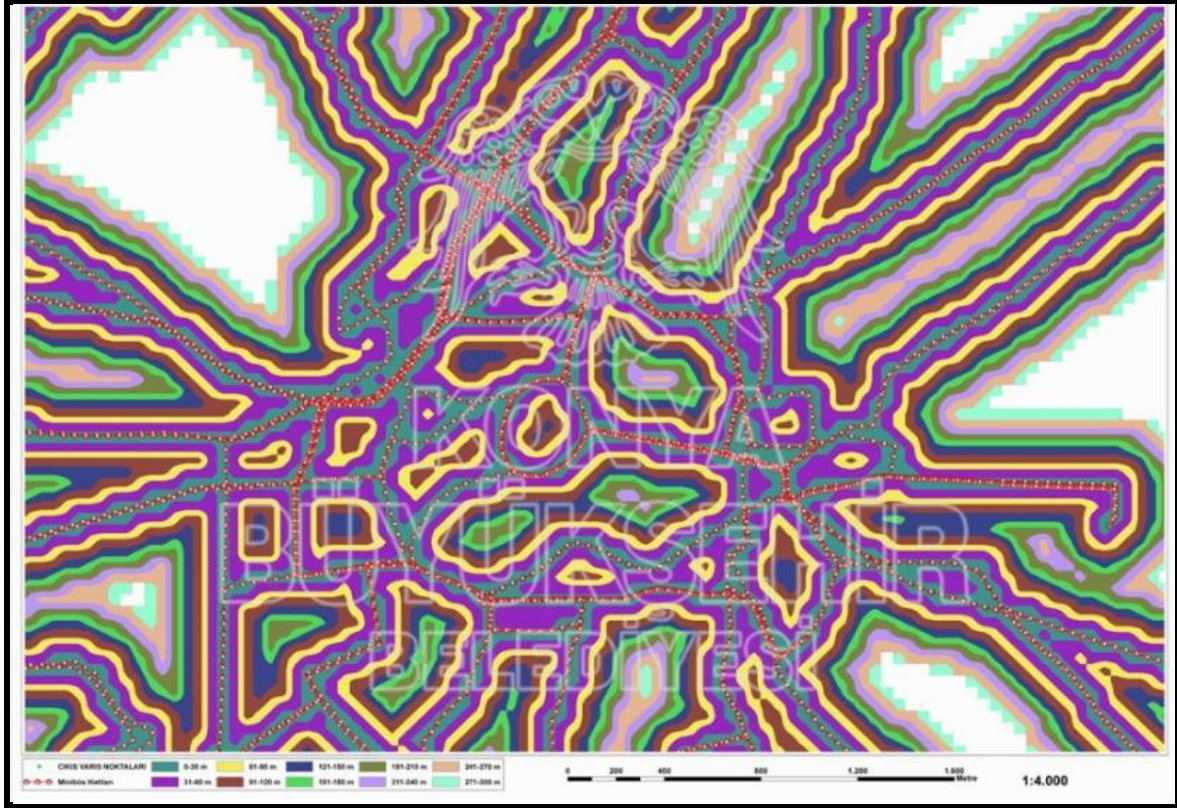
Şekil 3.13’de her bina için yaşayan kişi ve hizmet aldıkları güzergâha ait kapasite oranlanarak en çok ve en az hizmet alan bölgeler belirlenmiştir. Daha sonra nüfus yoğunluk haritası ile minibüs güzergâh haritaları karşılaştırılarak yoğun nüfusa sahip ancak minibüsün gitmediği bölgeler belirlenmiştir.



Şekil 3.13. Binaların ulaşım katsayılarının belirlenmesi[36]

Şekil 3.14’de Halihazırda hizmet vermekte olan hatlar için en uygun mesafe 300 metre olarak alınarak 0-30, 31-60, 61-90, 91-120, 121-150, 151-180, 181-210, 211-240, 241-270, 271-300 metre olarak ArcGIS – straight line yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Bu

analizler neticesinde yararlanabilirlik haritaları oluşturularak güzergâh değişiklikleri veya yeni güzergâhların eklenmesi kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.



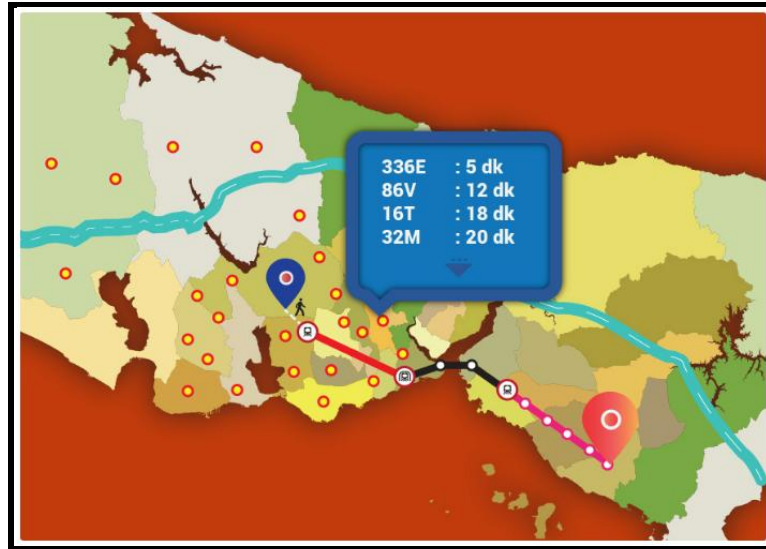
3.2.2.2. İstanbul örneği

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin Toplu Ulaşım Bilgi Sistemi projesi ile ulaşım planlaması için analiz çalışmalarında kullanılacak verilerin üretilmesi, mekansal veritabanı sunucusuna aktarılması ve toplu ulaşımına ait tüm verilerin güncel bir şekilde halka sunulabilmesi böylece toplu ulaşımın yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Bu proje ile kent bilgi sistemi entegrasyonunun olması ve ulaşım ile ilgili ihtiyaç duyulan bilgilerin ilgili birimler tarafından kullanılabilmesi, ulaşım verilerinin güncel tutulabilmesi, detaylı analizler ile etkin ve verimli toplu ulaşım planlarının hazırlanabilmesi, halka seyahat planlamasında optimizasyon sağlanması beklenmektedir. Şekil 3.15'de gösterildiği gibi İstanbul ulaşım verilerinin mekansal veri tabanında saklanarak ilgili birimlerden sürekli güncel verilerin temin edilmesi ile toplu ulaşım ağının verimliliği sürekli kontrol edilebilmesi ve geliştirilebilmesine katkı sağlaması beklenmektedir [88].



Şekil 3.15. Toplu ulaşım bilgi sistemi (TUBS)[37]

Başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar toplu taşıma araçları kullanılarak yapılacak seyahatlerde alternatifli planlamanın oluşturulması ile halk ve turistler tarafından toplu ulaşımın verimli ve daha fazla kullanılabilmesi böylece özel araç kullanımının azalması, zehirli gaz salınımının azaltılması ön görülmektedir [88].



Şekil 3.16. Toplu ulaşım bilgi sistemi (TUBS) yolcu bilgilendirme [37]

3.2.2.3. Eskişehir örneği

Eskişehir ili İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük illerde yaşanan trafik karışıklığından etkilenmediği ve 2020 yılına kadar araç yoğunluğunda artış olmayacağı gözlemlenmiştir. Bisiklet yolları, karayolu ve demiryolu genişletme çalışmaları ile 2020

yılına kadar ulaşım altyapısının kurulması planlanmıştır. Bunun yanı sıra gerçek zamanlı araç varış süresi tahmini ile durak ekranlarında ve mobil uygulama vasıtası ile genişletilmesi planlanan tramvay ağı ve toplu taşıma araçlarının daha etkin kullanılması amaçlanmıştır[70].

Ülkemiz ve dünyadaki örnekler incelendiğinde toplu taşıma araçlarının daha fazla kullandırılarak özel taşıt kullanılmasının azaltılması temel hedef olarak görüldüğü ortaya çıkmış coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri kullanılarak analiz yapıldığında daha doğru sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Ancak Londra kentinde yapılması planlanan çalışma haricinde toplu taşıma araçlarının dinamik olarak rotalanabilmesi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.



4. MATERİYAL VE YÖNTEM

Önerilen sistemde kullanılan ve kullanılması gereken materyaller ve yöntem aşağıda belirtilmiştir;

4.1. Materyal

Önerilen sistemde kullanılan ve kullanılması gereken materyaller aşağıdaki gibidir;

4.1.1. Esri community analyst

Esri Community Analyst ile yoğunluk verileri girilerek haritalandırılabilir ve analizleri yapılabilir. Bu çalışmada planlama yapılan şehrin bölgeleri için yoğunluk analizi yapılabilmesi için Esri Community Analyst aracı kullanılmalıdır.

4.1.2. Esri location analytics

Esri Location Analytics aracı en uygun yeri bulmak amacıyla kullanılacaktır. Bu çalışmada ise duraklar için en uygun yerlerin bulunması için kullanılması tavsiye edilmektedir.

4.1.3. Arcgis network analyst

ArcGIS Network Analyst aracı ile bir ağ oluşturularak bu ağ üzerinde veri kümeleri yerleştirilebilir ve analizler yapılabilir. Bu çalışmada ArcGIS Network Analyst toplu ulaşım araçlarının hatlarının en uygun şekilde oluşturulması amacıyla kullanılması önerilmektedir.

4.1.4. Arcgis geoevent extension for server

ArcGIS GeoEvent Extension for Server ile ArcGIS for Server'in daha gelişmiş yetenekleri ile sunucu sistemler üzerinde gerçek zamanlı olarak konumsal veri alışverişlerinin coğrafi bilgi sistemine entegrasyonu sağlanabilmektedir. Bu çalışmada toplu taşıma araçlarının validatör ve gps cihazlarından alınan verilerin gerçek zamanlı olarak coğrafi bilgi sistemine aktarılması ve böylece gerçek zamanlı analizlerin yapılmasını, durumların anlık olarak takip edilerek gerekli müdahalelerin yapılmasını sağlayabilmek amacıyla ArcGIS GeoEvent Extension for Server kullanılması gerekli olacaktır.

4.1.5. Arcgis desktop

ArcGis Pro ve ArcMap editörleri vasıtasıyla kullanılacak olan diğer araçlar için platform oluşturması için Arcgis Desktop kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada

altlık haritaların elde edilmesinde, bu haritalara mekânsal veri girişlerinde ve analizlerde ArcGis Desktop'un uygun bir sürümünün kullanılması önerilmektedir.

4.1.6. HeidiSql

HeidiSql uygulaması mysql veri tabanı ile ilgili işlemlerin yapılması için kullandırılmaktadır. Bu çalışmada ulaşım araçlarının, seferlerin, durakların kaydedilmesi ve analizlerin yapılması amacıyla kullanılmıştır.

4.1.7. Php 5.1.2

Php programlama dili olarak kullanılmaktadır. Web sayfaları ya da mobil uygulamalarda veritabanı entegrasyonu, hesaplamalar, form üzerindeki işlemlerin yapılması ve sonucunda kullanıcıya çıktı üretmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada, veri tabanı işlemlerinin kullanıcı ara yüzü vasıtasıyla yürütülmesi, veriler üzerinde uzman sistemler tekniği uygulanarak belirlenen aralıklara göre sonuç çıkarılması php programlama dili kullanılarak yapılmıştır.

4.1.8. Apache 2.2 server api

Apache server uygulaması, php kodlama dilinde yazan kaynak kodları kullanıcının bilgisayarındaki programlarla dönüştürerek kullanıcıya sunmasını sağlamaktadır. Kaynak kodlar yayınlanmadan önce deneyebilmek ya da yayınladıktan sonra kullanıcıya sunumu için gereklidir. Bu çalışmada kaynak kodları web sayfası ile açarak deneme ve geliştirme yapabilmek için Apache 2.2 Server Api kullanılmıştır.

4.1.9. Yolcu sayma sensörleri

Yolcu sayma sensörleri, toplu taşıma araçlarındaki yoğunluğun ölçülebilmesi için kullanılmaktadırlar. Toplu taşıma araçlarının anlık yoğunluklarının ölçülebilmesi ve karar verebilmek(İlave araç göndermek, sefer sayısını azaltmak, sefer saatlerini düzenlemek vb.) için merkeze gönderilmesi için iniş kapılarında yolcu sayma sensörü kullanılması önerilmektedir.

4.1.10. Masaüstü bilgisayar

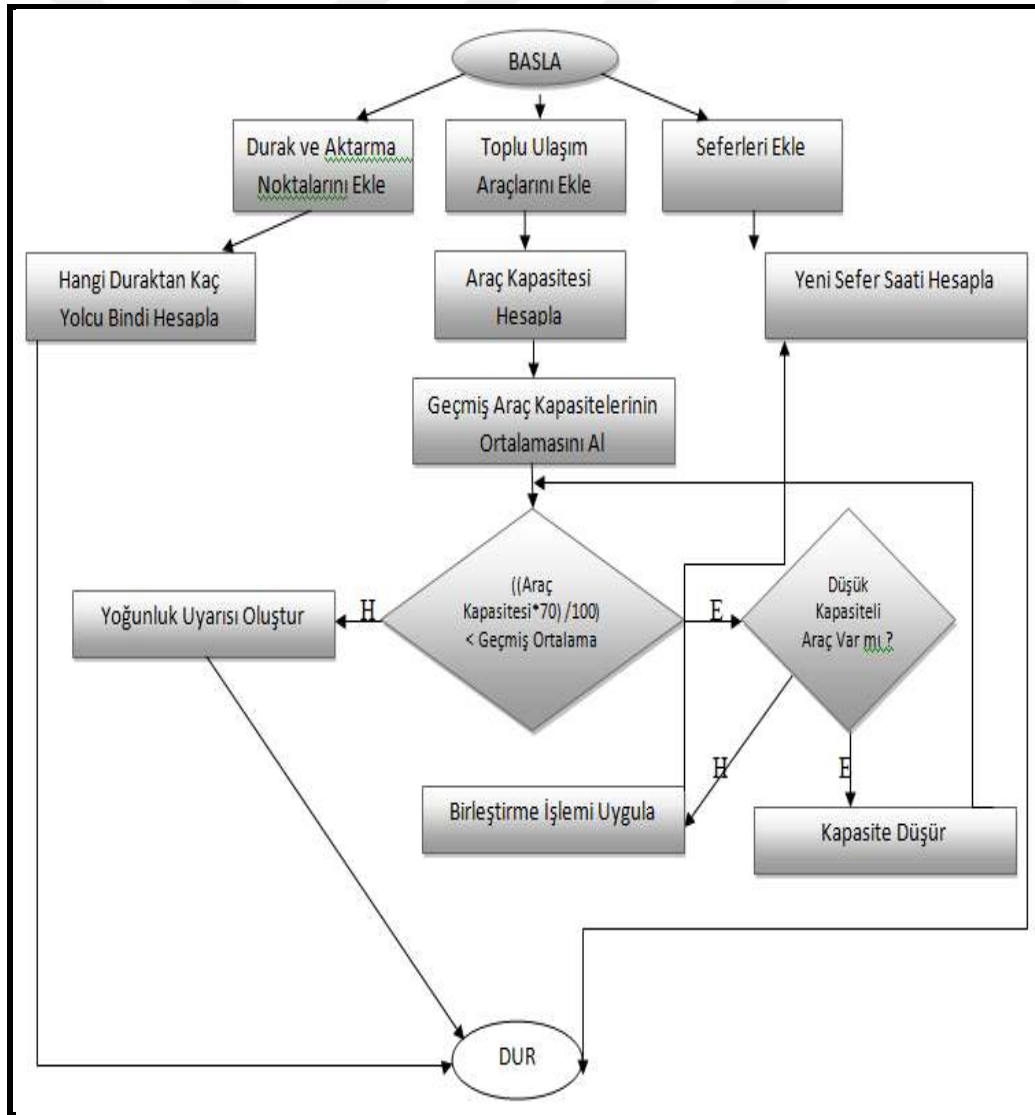
Bu çalışma i7 işlemcili, 12 GB kapasiteli ram ve 2 GB kapasiteli ekran kartı bulunan bir masaüstü bilgisayar ve 21 inç led monitör kullanılarak hazırlanmıştır.

4.2. Yöntem

Şehirlerde ulaşım hizmetinin etkin bir şekilde verilmesi, şehirde yaşayan insanlar ve şehirlerde ulaşım hizmetini vermekte olan yerel yönetimler için kısacası şehir için oldukça önemlidir. Toplu taşıma araçlarının etkin bir şekilde hizmet vermesi ise ancak

güzel hazırlanmış bir ulaşım planlaması ile mümkün olabilir. Kullanılan ulaşım planlarının sonucunda etkin bir ulaşım hizmeti sağlanabilmesi için teknolojinin imkânlarından özellikle coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ tekniklerinden faydalanması gerekmektedir.

Hatlarda geçmişte yaşanan yoğunluk bilgilerinin veri tabanı ortamında saklanarak coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ teknikleri ile anlamlandırılması sonucunda toplu taşıma araçları teknolojik bir altyapı ile hazırlanmış ulaşım planı çerçevesinde hizmet verecektir. Geçmiş ulaşım hareketlerinin analizi ile gelecekte gerçekleşecek olan ulaşım hareketi tahmini yapılarak toplu taşıma araçları, kapasite ve kişi oranı ile daha etkin rotalandırılabilir. Ayrıca modelde ulaşım hareketlerinin ortalaması alınacağından model dinamik olacak ve veritabanına kaydedilen ulaşım sayısı arttıkça modelin doğruluğu artacaktır. Modele ait algoritma Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

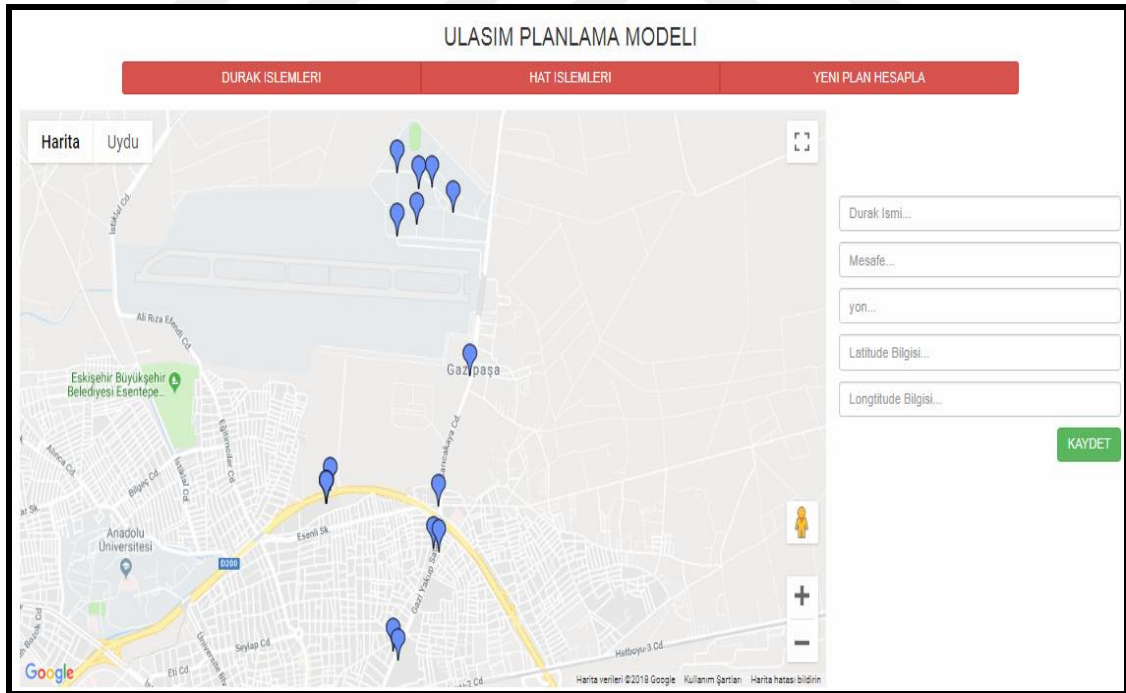


Şekil 4.1. Modelin algoritması

Kapasite durumuna göre araç kapasitesi artırılabilir veya azaltılabilir. Bu seçenekler veri tabanı ortamında tutularak veriler birikecek böylece makine öğrenmesi tekniği ile uzman sistem kurgusu yapılarak ortaya daha doğru ve dinamik sonuç çıkacaktır. Bahsedilen model aşamalardan oluşacaktır. Bu aşamalar aşağıda incelenecektir;

4.2.1. Durak ve aktarma noktalarının konumsal olarak kaydedilmesi

Durak bilgileri hangi araca hangi seferde kaç yolcunun bindiğinin hesaplanması için nokta veri tipinde uygulamaya eklenmelidir. Şekil 4.2’de durakların uygulamaya eklenmesi ve harita üzerinde nasıl gösterildiği görülmektedir. Uygulamada altlık olarak Google Harita kullanılmıştır. Her bir durak uygulamaya eklenirken id, isim, yön ve konum bilgisi girilerek kaydedilecektir. ID verisi durağın tek bir kere girilebileceği ve her bir durak için sadece bir tane olan değer olacaktır. İsim verisi durağa ait isim bilgisini tutacaktır. Yön verisi durağın gidiş ya da dönüş seferinde olduğunu gösterecek eğer yön verisi 0 ise gidiş 1 ise dönüş seferinde olduğu anlaşılabilecektir. Konum bilgisi ise durağın harita üzerinde hangi konumda bulunduğunu gösteren veridir.



Şekil 4.2. Durakların harita düzleminde gösterilmesi

Duraklar eklendiğinde veritabanı ortamında nasıl tutulduğu Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

ID	ISIM	YON	X	Y
9	EMNIYET	0	39.79711632077295	30.52160281920908
12	EMNIYET	1	39.79629821541356	30.52110625190744
1	ESTU 1	1	39.81699372723282	30.528820465058516
2	ESTU 2	1	39.813035897707366	30.528849363327026
3	ESTU 3	1	39.81376825145827	30.53098244160435
4	ESTU 4	1	39.81597684080582	30.53119067385819
5	ESTU 5	0	39.81446099250613	30.534954071044922
6	ESTU 6	0	39.816075731206155	30.532640046775555
11	GYS1	1	39.79322457984697	30.53338004035959
10	GYS1	0	39.79340825594418	30.53276918662698
15	GYS2	0	39.787011330449694	30.528457504586072
16	GYS2	1	39.78646468992725	30.52892605297336
8	SAKARYA	0	39.79609735342915	30.533298826677765
18	SAKARYA	1	39.79609735342901	30.533298826677752
7	SARICAKAYA	0	39.80427491948930	30.536731772441942
17	SARICAKAYA	1	39.80427491948947	30.536731772441954

Şekil 4.3. Durakların veritabanına kaydedilmesi

4.2.2. Toplu taşıma araçlarının veri tabanına kapasite bilgileri ile birlikte kaydedilmesi

Çalışma yapılan bölge içerisinde hizmet vermekte olan toplu taşıma araçları kapasite kontrolü yapılmak üzere öznitelik verisi olarak eklenmelidir. Araçlar, id, plaka, araç türü, ve kapasite bilgileri ile kaydedilmelidir. Araç tablosunda kullanılacak olan id verisi her bir araç için sadece bir tane bulunan ve bu sayede araçları diğer araçlardan ayırmamızı sağlayan veridir. Plaka verisi aracın plakasının saklandığı veridir ve her araca ait bir plaka olması uygulamanın filo yönetimi amacıyla kullanılmasına da olanak sağlayacaktır. Araç türü verisi aracın otobüs, tramvay, metro, dolmuş vs. toplu ulaşım aracı türlerinden hangisi olduğunun bilinmesi için tutulmaktadır. Kapasite verisi ise aracın kişi kapasitesinin ne kadar olduğunu bilgisi saklanarak bu kapasiteye göre kontrol yapılmasını sağlayacaktır. Araçlar veritabanında Şekil 4.4’de görüldüğü gibi kaydedilecektir.

ID	PLAKA	TUR	KAPASITE
1	26BB112	OTOBUS	120
2	26BE100	OTOBUS	100
3	26BB192	OTOBUS	50
4	26BB151	OTOBUS	80

Şekil 4.4. Araçların veritabanına kaydedilmesi

4.2.3. Sefer bazında ulaşım yoğunluk verilerinin analizi

Her sefere ait yoğunluk bilgisi veri tabanında tutulduğunda karşılaştırma yapılarak daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilecektir. Geçmiş ulaşım hareketlerinin yoğunluk analizi yapıldığında, gelecekte yapılacak olan ulaşım hareketlerinin tahmininde daha doğru sonuçlar üretilebilecektir. Günlük yolculuk bilgilerinin her otobüs seferi bazında hareket kaydının tutulması sonucunda ilerleyen zamanlarda gerçekleşecek olan ulaşım hareket yoğunluğu hakkında çıkarım yapılabilecektir. Otobüs kapasite bilgileri de saklandığında belirli saatlerde daha düşük kapasiteli veya daha yüksek kapasiteli araç görevlendirmek mümkün olabilecektir. Veritabanında sefer, araç, durak tabloları ilişkisel olarak saklanacak ve işlemler bu tabloda yapılacaktır. Veritabanındaki ilişkisel yapı oluşturulduğunda ortaya çıkan durak_sefer_arac veri tabanı Şekil 4.5' de görüldüğü gibi olacaktır.

HAT	SEFER_TARİH	SEFER_ZAMAN	YON	ARAC_ID	ISIM	MAX_KISI_SAYISI	ARAC_KAPASITESI
4 K	2018-10-15	07:20:00	0	3	ESTU 3	43	50
4 K	2018-10-15	07:30:00	0	2	ESTU 4	59	100
4 K	2018-10-15	07:45:00	0	2	ESTU 5	51	100
4 K	2018-10-15	08:00:00	0	3	ESTU 6	46	50
4 K	2018-10-15	08:05:00	0	3	SARICAKAYA	50	50
4 K	2018-10-15	08:10:00	0	3	SAKARYA	47	50
4 K	2018-10-15	08:15:00	0	2	EMNİYET	82	100
4 K	2018-10-15	08:20:00	0	1	GYS1	93	120
4 K	2018-10-15	08:25:00	0	2	GYS1	81	100
4 K	2018-10-15	08:30:00	0	1	EMNİYET	95	120
4 K	2018-10-15	08:35:00	0	1	ESTU 1	99	120
4 K	2018-10-15	08:40:00	0	3	ESTU 2	52	50
4 K	2018-10-15	08:45:00	0	3	GYS2	42	50
4 K	2018-10-15	08:50:00	0	3	GYS2	41	50
4 K	2018-10-15	08:55:00	0	3	SARICAKAYA	39	50
4 K	2018-10-15	09:00:00	0	3	GYS2	42	50
4 K	2018-10-15	09:05:00	0	3	ESTU 1	24	50

Şekil 4.5. Durak, araç ve sefer tablolarının ilişkisel olarak veri tabanında gösterilmesi

4.2.4. Hat yoğunluklarının tespit edilmesi ve sefer sıklıklarının düzenlenmesi

Hat yoğunlukları hafta içi, hafta sonu, gündüz, akşam gibi zamanlarda değişkenlik gösterecektir. Hafta içi ve hafta sonu günler seçilerek bu günlerde yaşanan yoğunlukların ortalaması alınarak hafta, ay ve yıl olarak kat sayılandırma yöntemi ile değerlendirilecektir. Bunun yanında sefer bazında yoğunluk bilgisinin tutulması ile hangi saatlerde daha yoğun ulaşım hareketi olduğu analiz edilebilecektir. Ortalaması alınan ekim ayı hafta içi günleri için hipotetik veriler ile inceleme yapabilmek için araç kapasitelerinin yüzde 70 i hesaplanarak seferde bulunan aracın maksimum kişi sayısı ile karşılaştırılma yapılmıştır. Yüzde 70 oranı, ulaşım hizmeti verilirken tam oluluk

hedeflenemeyeceğinden yolcuların oturarak ve ayakta seyahat edecek yolcularında rahatlıkla seyahat edebileceği bir doluluk oranı olduğundan ve kapasite düşürme işlemi yapılırken araç kapasiteleri arasında yaklaşık yüzde 15(2 kez kapasite düşürme işlemi uygulandığında yaklaşık yüzde 30 olacaktır.) fark olmasından dolayı seçilmiştir.

Eskişehir Teknik Üniversitesi'ne hizmet vermekte olan 4K hattında sefer saatleri web sitesinden alınarak hipotetik veri üretme yöntemi ile denenmiştir. Saat 07:20 – 13:05 saatleri arasındaki seferler veritabanına kaydedilerek denenmiştir. Model en az %70 doluluk oranı ile toplu taşıma araçlarının yolcu taşımalarını amaçlamaktadır. Az sayıda yolcunun olduğu durumlarda ise dinamik rotalı toplu taşıma araçlarının oluşturulmasını tavsiye etmektedir.

ULASIM PLANLAMA MODELİ			
DURAK İŞLEMLERİ		ARAC İŞLEMLERİ	YENİ PLAN HESAPLA
HAT	SEFER ZAMANI	MAX KİŞİ SAYISI	ARAC KAPASİTESİ
4 K	07:30:00	59	100
4 K	07:45:00	51	100
4 K	09:05:00	24	55
4 K	09:10:00	39	100
4 K	09:15:00	28	120
4 K	09:20:00	24	83
4 K	09:25:00	39	83
4 K	09:30:00	42	83
4 K	10:00:00	29	100
4 K	10:15:00	27	120
4 K	10:30:00	28	55
4 K	10:40:00	39	100
4 K	10:45:00	30	55
4 K	11:05:00	29	83
4 K	11:20:00	50	83
4 K	11:50:00	42	100
4 K	12:05:00	25	55
4 K	12:30:00	79	120
4 K	12:35:00	80	120
4 K	12:45:00	83	120
4 K	12:50:00	48	100
4 K	13:05:00	33	83

Şekil 4.6. Sefer kapasite karşılaştırılması sonucu %70 doluluk altındaki seferlerin listesi

Modelin analiz neticesinde yüzde 70 doluluk kapasitesinin altındaki seferleri kırmızı renk ile listelemesi görülmektedir. Modele dâhil edilen toplam 42 adet seferden 22 adedi doluluk kapasitesine ulaşamayarak kırmızı renk ile gösterilmiştir.

Şekil 4.7’de ise modelin analizi sonucunda 42 adet hattın yüzde 70 doluluk kapasitesi ve üzerindeki doluluktaki 20 adet hat mavi renk ile ikinci tabloda listelenmiştir.

HAT	SEFER ZAMANI	MAX KİŞİ SAYISI	ARAC KAPASİTESİ
4 K	07:20:00	43	55
4 K	08:00:00	46	55
4 K	08:05:00	50	55
4 K	08:10:00	47	55
4 K	08:15:00	82	100
4 K	08:20:00	93	120
4 K	08:25:00	81	100
4 K	08:30:00	95	120
4 K	08:35:00	99	120
4 K	08:40:00	52	55
4 K	08:45:00	42	55
4 K	08:50:00	41	55
4 K	08:55:00	39	55
4 K	09:00:00	42	55
4 K	09:45:00	47	55
4 K	11:35:00	43	55
4 K	12:20:00	72	100
4 K	12:40:00	75	100
4 K	12:55:00	40	55
4 K	13:00:00	42	55

Şekil 4.7. Yüzde 70 ve üzeri doluluk kapasitesindeki seferlerin listesi

Yüzde 70 ve üzerindeki doluluk oranındaki seferler model için uygundur ancak kırmızı ile gösterilmiş olan seferler yeni analizlere tabi tutularak doluluk oranına ulaşması sağlanmalıdır. Bu kapsamda 22 adet sefer üzerinde araç kapasitesi düşürülecektir.

Araç kapasitesinin düşürülmesi ile elde edilen sonuç Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Araç kapasitesinin düşürülmesi sonucunda uygun doluluk oranına ulaşan araçlar mavi renkte gösterilirken yüzde 70 doluluk oranına ulaşmamış olan araçlar kırmızı renkte gösterilmiştir. Araç kapasitesinin düşürülmesi ile 22 araçtan 7 araç istenilen doluluk oranına ulaşmıştır.

HAT	SEFER ZAMANI	MAX KISI SAYISI	ARAC KAPASITESI	YENI KAPASITE
4 K	07:30:00	59	100	83
4 K	07:45:00	51	100	83
4 K	09:05:00	24	55	0
4 K	09:10:00	39	100	83
4 K	09:15:00	28	120	100
4 K	09:20:00	24	83	55
4 K	09:25:00	39	83	55
4 K	09:30:00	42	83	55
4 K	10:00:00	29	100	83
4 K	10:15:00	27	120	100
4 K	10:30:00	28	55	0
4 K	10:40:00	39	100	83
4 K	10:45:00	30	55	0
4 K	11:05:00	29	83	55
4 K	11:20:00	50	83	55
4 K	11:50:00	42	100	83
4 K	12:05:00	25	55	0
4 K	12:30:00	79	120	100
4 K	12:35:00	80	120	100
4 K	12:45:00	83	120	100
4 K	12:50:00	48	100	83
4 K	13:05:00	33	83	55

Şekil 4.8. Araç kapasitesi düşürülerek uygun doluluk oranına ulaşan seferler

Analiz sonucunda mavi renk ile gösterilen seferler istenilen yoğunluktadır ancak kırmızı renk ile gösterilen seferlerde öncelikle araç kapasitelerinin düşürülmesi sağlanmalıdır.

4.2.5. Hat yoğunluklarının tespit edilmesi ve araç kapasitelerinin düzenlenmesi

Kapasite düşürme işlemlerinin ardından seferlerin birçoğu %70 doluluk oranının üzerinde bir kapasiteye ulaşmıştır. 42 adet seferden 10 adedi istenilen yoğunluğa ulaşmadığından bu seferler üzerinde birleştirme işlemi uygulanacaktır. Birleştirme işleminin sonucu Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

HAT	SEFER ZAMANI	MAX KİŞİ SAYISI	ARAC KAPASİTESİ	BİRLEŞİM KİŞİ SAYISI
4 K	09:05:00	24	-	24***
4 K	09:15:00	28	83	52***
4 K	09:20:00	24	-	76***
4 K	10:00:00	29	55	29
4 K	10:15:00	27	83	56***
4 K	10:30:00	28	-	28
4 K	10:45:00	30	-	58***
4 K	11:05:00	29	-	87***
4 K	12:05:00	25	-	25
4 K	13:05:00	33	-	58***

Şekil 4.9. Uygun doluluk oranında olmayan seferlerin birleştirilmesi işlemi

Burada araca binen kişi sayıları araç kapasitesi ile karşılaştırılarak araç kapasitesini geçmeye kadar birleştirme işlemi uygulanmıştır.

4.2.6. Düzenlenen seferlerin saatlerinin yeniden optimize edilmesi

Birleştirme işleminin sonucunda uygun doluluk oranına ulaşmayan 10 sefer, 5 sefere düşürülmüş ve sefer saatleri yoğunluk oranına göre Şekil 4.10'da görüldüğü gibi oluşmuştur.

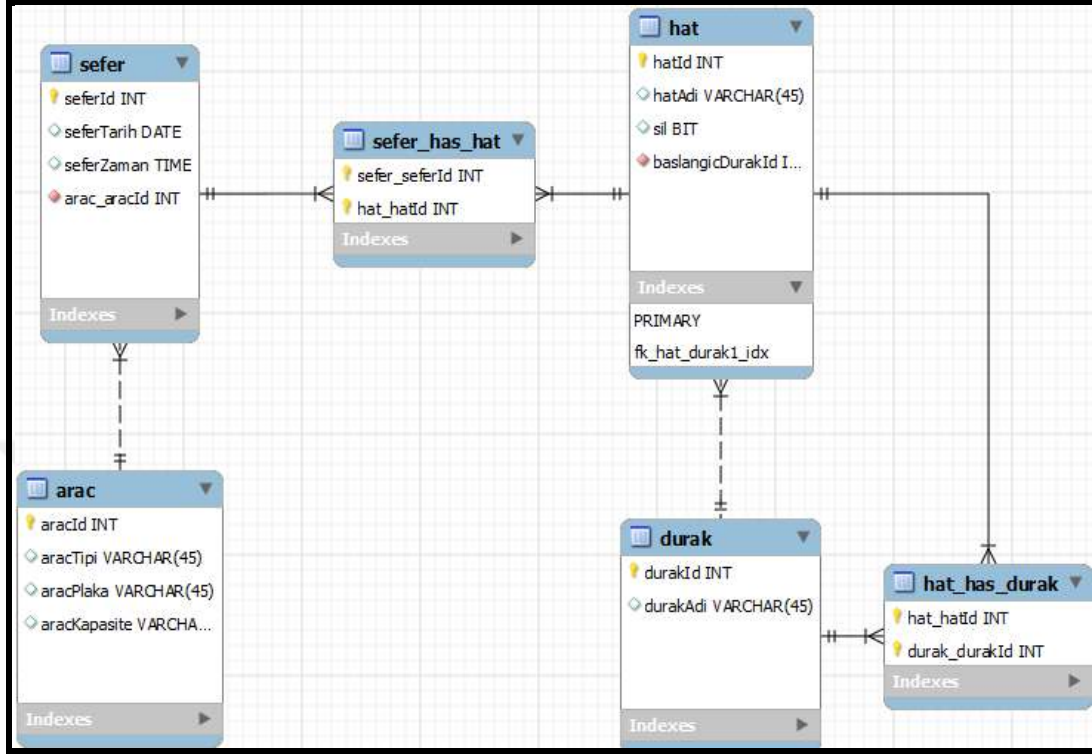
HAT	YENİ ARAC KAPASİTESİ	YENİ SEFER ZAMANI	BİRLEŞİM KİŞİ SAYISI
4 K	55	09:10:00	52
4 K	55	09:40:00	53
4 K	55	10:23:00	55
4 K	83	10:55:00	59
4 K	83	12:35:00	58

Şekil 4.10. Seferlerin yeniden optimize edilmesi sonucu

Sonuç olarak hipotetik veriler ile oluşturulmuş olan modelde 42 adet sefer yerine 37 adet sefer ile 1 hat üzerinde ve yarım günlük veriler ele alındığında 5 adet seferin iptal edilebileceği görülmüştür. Uydu görüntüsü üzerinde mesafe ölçüldüğünde yaklaşık 8 km. mesafe tasarrufu yapılacağı ve ulaşımın çok küçük bir bölümünü oluşturan Eskişehir Teknik Üniversitesi yönünde hizmet veren 4 hattın sadece 1 hattı ele aldığımızda 40 km. tasarruf yapıldığı görülmüştür. Bu modelin tüm ulaşım hareketlerinde uygulandığı düşünüldüğünde oldukça büyük miktarlarda araç, yakıt, hava kirliliği, iş gücü tasarrufu sağlanacaktır.

4.2.7. Veri tabanı tasarımı

Sisteme ait veri tabanı tasarımı aşağıdaki gibi olacaktır;



Şekil 4.11. Veritabanı tasarımının oluşturulması

Veri tabanı, durak, hat, arac, sefer, cadde/sokak, onemli_lokasyon ve bolge tablolarından oluşmaktadır. Bir aracın birden fazla seferde bulunabileceğinden ancak bir seferde sadece bir aracın bulunabileceğinden araç ve sefer tabloları arasında bire çok ilişki bulunacaktır. Bir araç birden fazla duraktan geçebileceği ve bir duraktan birden fazla araç geçeceği için durak ve araç tabloları arasında çoka çok ilişki bulunacaktır. Bir araç birden fazla hatta çalışabileceği ve bir hatta birden fazla araç çalışabileceğinden araç ve hat tabloları arasında çoka çok ilişki bulunacaktır. Bir durakta birden fazla hat geçebileceğinden ve her hat birden fazla duraktan oluşabileceğinden hat ve durak tabloları arasında çoka çok ilişki bulunmaktadır. Her bölgede birden fazla durak bulunabileceğinden ancak bir durağın sadece bir bölgede bulunabileceğinden durak ve bölge tabloları arasında bire çok ilişki olacaktır. Bir önemli lokasyonun farklı zamanlarda farklı ziyaretçileri olacağından onemli_lokasyon tablosu ile giris_cikis tabloları arasında çoka çok ilişki kurularak giriş ve çıkış saatleri arasında gerçekleşecek yoğunluk bilgisi kaydedilebilecektir. Bunun yanında cadde ve sokaklara ait yoğunluk bilgileri de kaydedilerek bölgelere ait yoğunluk bilgileri kaydedilmektedir.

4.2.8. Veri yapıları

Sistem modelinde kullanılacak olan veri ve veri yapıları aşağıda belirtilmiştir.

4.2.8.1. Araç verisi

Araç verisi nokta veri tipinde olacak ve tip (otobüs, tramvay, metro, dolmuş vs.), plaka, kapasite ile aracın nerede olduğunu görebilmek amacıyla gps cihazından alınan verinin saklanacağı konum sütunlarından oluşmaktadır.

4.2.8.2. Sefer verisi

Sefer verisinde tarih, saat, binen kişi sayısı ve araç bilgisi kaydedilerek hangi seferde kaç yolcunun taşındığı bilgisi saklanacaktır.

4.2.8.3. Durak verisi

Durak verisi nokta tipinde olacaktır. Durağın hangi yöne doğru hizmet verdiğini gösteren yön bilgisi, isim bilgisi ve hangi bölgede olduğunu gösteren bolge_id bilgisi bulunacaktır.

4.2.8.4. Hat verisi

Hat verisi çizgi tipinde olacaktır. İsim ve hangi yöne doğru ilerleyeceğini gösteren yön bilgisinden oluşacaktır. Yön bilgisi 0 iken ilerlenen yön 1 iken tersine ilerletilebilecektir. Genetik algoritma kullanılarak duraklardaki yolcu sayılarına göre durakların takip edilmesi sonucunda dinamik olarak oluşacaktır.

4.3. Veriler

Hazırlanan model önerisinin denenmesi amacıyla Eskişehir ilinde, Eskişehir Teknik Üniversitesi'ne hizmet vermekte olan 4K hattının yolcu sayıları Estram A.Ş. tarafından alınmıştır. Bunun yanında 4K hattına ait sefer bilgileri “http://www.eskisehir.bel.tr/otobus_saatleri_dvm.php?otobus_hat_id=102&menu_id=57” url adresindeki güncel şekli ile model üzerinde kaydedilmiştir.

Estram A.Ş.’den alınan 4K hattına ait veriler aşağıda görüldüğü gibidir. Bu veriler hafta içi ve hafta sonu olarak seferlere göre değerlendirilecek ve ortalama alınarak hesaplanacaktır. Verilerin sefer ve durak bilgisine göre bir uygulama ile validatör cihazlarından alınması daha hızlı, kolay ve hata oranı düşük bir seçenek olacaktır.

Tablo 4.1. 08.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları

Plaka	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	Toplam Yolcu
26 DL 918	67	160	0	0	0	11	124	0	0	231	0	0	0	0	593
26 DK 255	114	159	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	334
26 FJ 122	84	89	41	78	43	122	81	49	74	85	45	27	6	0	824
26 FJ 124	0	105	82	0	0	0	0	70	31	22	22	0	19	0	351
26 AAR 792	0	169	74	41	31	69	89	94	73	104	75	15	5	0	839
26 AAR 807	0	170	66	0	0	0	140	29	81	90	80	31	0	6	693
26 AAR 839	31	152	87	56	44	97	166	71	57	134	91	5	7	0	998
26 AAR 840	0	164	83	81	72	124	97	8	70	86	94	22	16	0	917
26 AAR 844	0	165	35	100	41	70	86	60	15	161	80	6	0	0	819
TOPLAM	296	1333	529	356	231	493	783	381	401	913	487	106	53	6	6368

Tablo 4.2. 09.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları

Plaka	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	Toplam Yolcu
26 DL 918	77	138	0	0	0	0	0	123	1	245	0	0	0	0	584
26 DK 255	89	157	41	0	37	58	0	0	0	78	73	7	11	0	551
26 AAR 792	0	155	74	31	53	49	156	24	80	86	75	4	0	8	795
26 AAR 807	25	155	53	52	73	77	144	108	78	90	38	41	3	0	937
26 AAR 839	21	160	32	25	56	160	112	87	41	73	83	23	6	0	879
26 AAR 840	0	176	60	54	29	93	187	3	100	158	20	18	0	0	898
26 AAR 844	17	142	87	52	62	65	108	15	83	74	70	0	9	0	784
26 AAR 851	87	87	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199
TOPLAM	316	1170	372	214	310	502	707	360	383	804	359	93	29	8	5627

Tablo 4.3. 10.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları

Plaka	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	Toplam Yolcu
26 DL 918	4	209	0	0	0	0	115	0	97	4	0	0	0	0	429
26 FJ 119	88	87	39	39	33	129	113	5	89	81	8	41	4	35	791
26 FJ 122	67	120	66	59	54	59	125	41	79	82	4	0	10	0	766
26 AAR 792	0	155	44	0	0	0	95	73	79	40	45	0	0	7	538
26 AAR 807	19	166	44	35	46	82	66	102	0	84	80	0	0	0	724
26 AAR 838	0	102	5	89	32	65	145	71	8	78	28	25	12	16	676
26 AAR 839	29	140	94	53	36	69	94	72	0	74	40	8	0	2	711
26 AAR 840	0	86	51	40	26	58	128	95	20	90	1	36	2	0	633
26 AAR 844	43	106	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210
TOPLAM	250	1171	404	315	227	462	881	459	372	533	206	110	28	60	5478

Tablo 4.4. 11.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları

Plaka	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	Toplam Yolcu
26 DL 918	64	139	0	0	0	0	0	0	116	122	0	0	0	0	441
26 DK 255	102	101	45	32	53	63	112	11	55	80	39	20	3	0	716
26 FJ 119	72	63	121	23	41	17	70	15	80	138	4	9	8	0	661
26 AAR 792	0	72	69	59	37	76	47	26	61	73	63	16	9	0	608
26 AAR 807	18	172	1	0	0	0	112	94	51	23	76	35	0	0	582
26 AAR 838	0	66	21	0	0	78	86	0	122	118	61	4	1	6	563
26 AAR 839	20	78	28	49	25	115	61	88	74	61	8	0	7	0	614
26 AAR 840	0	146	64	49	33	88	103	50	6	139	9	9	0	8	704
TOPLAM	276	837	349	212	189	437	591	284	565	754	260	93	28	14	4889

Tablo 4.5. 12.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları

Plaka	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	Toplam Yolcu
26 FJ 119	87	86	15	90	95	84	77	84	78	49	31	5	0	33	814
26 BL 508	29	79	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156
26 BL 517	32	72	1	0	0	0	94	72	64	44	34	11	1	0	425
26 AAR 792	0	159	34	26	20	51	80	51	10	50	0	0	8	0	489
26 AAR 807	13	161	40	20	69	104	107	40	2	79	43	0	9	0	687
26 AAR 838	0	109	94	27	33	72	151	71	77	59	27	25	0	0	745
26 AAR 839	19	80	16	22	18	155	25	90	82	74	4	21	0	10	616
26 AAR 840	27	121	25	43	65	98	150	75	7	74	40	0	3	3	731
TOPLAM	207	867	273	228	300	564	684	483	320	429	179	62	21	46	4663

Tablo 4.6. 13.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları

Plaka	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	Toplam Yolcu
26 BL 510	3	10	9	19	13	22	13	15	11	38	3	23	2	0	181
26 BL 511	7	10	9	16	3	14	10	12	9	8	15	7	9	1	130
TOPLAM	10	20	18	35	16	36	23	27	20	46	18	30	11	1	311

Tablo 4.7. 14.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayıları

Plaka	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	Toplam Yolcu
26 BL 509	2	4	35	6	4	3	18	14	20	12	7	12	0	0	137
26 BL 510	0	4	5	11	18	26	11	10	8	9	44	7	6	14	173
TOPLAM	2	8	40	17	22	29	29	24	28	21	51	19	6	14	310

“http://www.eskisehir.bel.tr/otobus_saatleri_dvm.php?otobus_hat_id=102&menu_id=57” url adresinden 09.01.2019 tarihinde alınarak modele kaydedilen 4K hattına ait sefer bilgileri ise Şekil 4.12’de görüldüğü gibidir.

YILDIZ				ESK.TEK.ÜNİV.İKİ EYLÜL KAMPÜSÜ			
SAAT	DAKİKA	CUMARTESİ	PAZAR VE RESMİ TATİLLER	SAAT	DAKİKA	CUMARTESİ	PAZAR VE RESMİ TATİLLER
01				01			
02				02			
03				03			
04				04			
05				05			
06				06			
07	20 30 45	30	30	07	40		
08	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50	00 30	00 30	08	00 15 25 30 35 40 50 55	15 45	15 45
09	00 05 10 15 20 25 30 45	00 30	00 30	09	00 05 10 20 25 30 45	15 45	15 45
10	00 15 30 40 45	00 30	00 30	10	00 15 30 45	15 45	15 45
11	05 20 35 50	00 30	00 30	11	00 15 30 45	15 45	15 45
12	05 20 30 35 40 45 50 55	00 30	00 30	12	00 15 20 25 30 35 40 45 50 55	15 45	15 45
13	00 05 10 15 20 25 30 40 45 50 55	00 30	00 30	13	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50	15 45	15 45
14	00 15 20 30 35 40 50	00 30	00 00	14	05 05 15 30 45	15 45	15 45
15	10 25 45	00 30	00 30	15	00 15 30 45	15 45	15 45
16	05 20 25 30 35 40 45 50 55	00 00	00 30	16	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50	15 45	15 45
17	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45	00 30	00 30	17	00 05 10 15 20 25 30 45	15 45	15 45
18	00 20 40	00 30	00 30	18	00 10 20 30 40 50	15 45	15 45
19	00 40	00 30	00 30	19	00 20 40	15 45	15 45
20	20	00	00	20	15	15	15

Şekil 4.12. 4K hattına ait sefer başlangıç saatleri

Yolcu sayıları ve sefer başlangıç saati bilgileri model üzerine yerleştirilmiştir. Modelin doğruluğunun test edilmesi aşamasında manuel olarak girilen veriler modelin başarılı olduğu ispat edilirse web servis vasıtasıyla beş dakikalık periyotlar halinde alınarak hesaplanacaktır. Veriler model üzerinde hafta içi ve hafta sonu seferleri için ayrı ayrı hesaplanmış ve hafta içi seferleri için elde edilen sonuç aşağıdaki gibi olmuştur.

Modelde belirtildiği gibi araç kapasiteleri ve yolcu sayıları karşılaştırıldığında %70 doluluk oranının altında bulunan araçlar, sonraki aşamalarda araç kapasitesinin düşürülmesi veya araçların birleştirilmesi için tespit edilmektedir. Model üzerinde kaydedilen %70 doluluk oranının altındaki araçlar Şekil 4.13’de gösterilmektedirler.

DURAK İŞLEMLERİ		ARAC İŞLEMLERİ	YENİ PLAN HESAPLA
HAT	SEFER ZAMANI	MAX KİŞİ SAYISI	ARAC KAPASİTESİ
4 K	08:40:00	83	120
4 K	09:00:00	61	100
4 K	09:05:00	58	100
4 K	09:10:00	43	83
4 K	09:15:00	32	64
4 K	09:20:00	28	64
4 K	09:25:00	29	64
4 K	09:30:00	30	64
4 K	09:45:00	29	64
4 K	10:00:00	38	83
4 K	10:15:00	36	64
4 K	10:30:00	42	64
4 K	10:40:00	29	64
4 K	10:45:00	39	64
4 K	11:05:00	42	64
4 K	11:20:00	39	64
4 K	11:35:00	37	64
4 K	11:50:00	29	64
4 K	12:05:00	29	64
4 K	12:20:00	27	64
4 K	12:30:00	27	64
4 K	12:35:00	23	64
4 K	12:40:00	21	64
4 K	12:45:00	20	64
4 K	12:50:00	18	64
4 K	12:55:00	17	64
4 K	13:00:00	37	83
4 K	13:05:00	42	64
4 K	13:10:00	35	64
4 K	13:15:00	33	64
4 K	13:20:00	30	83
4 K	13:25:00	27	83
4 K	13:30:00	31	64
4 K	13:40:00	30	100
4 K	13:45:00	29	100
4 K	13:50:00	29	64
4 K	13:55:00	27	64
4 K	14:00:00	30	100
4 K	14:15:00	29	64
4 K	14:20:00	31	64
4 K	14:30:00	26	64
4 K	14:35:00	24	64
4 K	14:40:00	21	100
4 K	14:50:00	19	64

Şekil 4.13. %70 doluluk oranının altındaki seferlerin model üzerinde gösterilmesi

4 K	15:10:00	23	64
4 K	15:25:00	27	64
4 K	15:45:00	23	64
4 K	16:05:00	30	64
4 K	16:20:00	27	83
4 K	16:25:00	20	64
4 K	16:30:00	25	64
4 K	16:35:00	26	64
4 K	16:40:00	20	64
4 K	16:45:00	27	64
4 K	16:50:00	20	64
4 K	16:55:00	25	64
4 K	17:00:00	28	64
4 K	17:05:00	25	64
4 K	17:10:00	23	64
4 K	17:15:00	22	64
4 K	17:20:00	15	64
4 K	17:25:00	15	64
4 K	17:30:00	13	64
4 K	17:35:00	11	64
4 K	17:40:00	16	64
4 K	17:45:00	15	64
4 K	18:00:00	8	64
4 K	18:20:00	7	64
4 K	18:40:00	5	64
4 K	19:00:00	4	64
4 K	19:40:00	6	64
4 K	20:20:00	8	64
4 K	07:40:00	24	64
4 K	08:00:00	17	64
4 K	08:15:00	21	64
4 K	08:25:00	19	64
4 K	08:35:00	15	64
4 K	08:40:00	12	64
4 K	08:50:00	19	64
4 K	08:55:00	21	64
4 K	09:00:00	12	64
4 K	09:05:00	8	64
4 K	09:10:00	10	64
4 K	09:20:00	9	64
4 K	09:25:00	10	64
4 K	09:30:00	12	64
4 K	09:45:00	9	64
4 K	10:00:00	15	64
4 K	10:15:00	19	64
4 K	10:30:00	17	64
4 K	10:45:00	20	64
4 K	11:00:00	22	64
4 K	11:15:00	27	64

Şekil 4.13. %70 doluluk oranının altındaki seferlerin model üzerinde gösterilmesi (devam)

4 K	11:30:00	27	64
4 K	11:45:00	28	64
4 K	12:00:00	27	64
4 K	12:15:00	27	64
4 K	12:20:00	29	64
4 K	12:25:00	31	64
4 K	12:30:00	31	64
4 K	12:35:00	38	64
4 K	12:40:00	32	64
4 K	12:45:00	29	64
4 K	12:50:00	32	64
4 K	12:55:00	33	83
4 K	13:00:00	34	64
4 K	13:05:00	31	64
4 K	13:10:00	33	64
4 K	13:15:00	32	64
4 K	13:20:00	31	64
4 K	13:25:00	29	64
4 K	13:30:00	32	83
4 K	13:35:00	34	83
4 K	13:40:00	30	64
4 K	13:45:00	33	64
4 K	13:50:00	34	100
4 K	13:55:00	26	64
4 K	14:00:00	35	100
4 K	14:05:00	41	100
4 K	14:15:00	43	100
4 K	14:30:00	45	100
4 K	14:45:00	49	83
4 K	16:05:00	43	100
4 K	16:10:00	50	100
4 K	16:15:00	42	64
4 K	16:20:00	44	83
4 K	16:25:00	40	83
4 K	16:30:00	33	100
4 K	16:35:00	30	83
4 K	16:40:00	30	83
4 K	16:45:00	27	100
4 K	16:50:00	23	64
4 K	16:55:00	30	64
4 K	17:00:00	20	64
4 K	17:05:00	20	64
4 K	17:10:00	18	64
4 K	17:15:00	12	64

Şekil 4.13. %70 doluluk oranının altındaki seferlerin model üzerinde gösterilmesi (devam)

4 K	17:20:00	11	64
4 K	17:25:00	14	64
4 K	17:30:00	11	64
4 K	17:45:00	9	64
4 K	18:00:00	13	64
4 K	18:10:00	12	64
4 K	18:20:00	10	64
4 K	18:30:00	15	64
4 K	18:40:00	10	64
4 K	18:50:00	13	64
4 K	19:00:00	12	64
4 K	19:20:00	10	64
4 K	19:40:00	10	64
4 K	20:15:00	19	64

Şekil 4.13. %70 doluluk oranının altındaki seferlerin model üzerinde gösterilmesi (devam)

%70 doluluk oranı ve üzerindeki araçlar Şekil 4.14’de gösterilmiştir.

HAT	SEFER ZAMANI	MAX KISI SAYISI	ARAC KAPASİTESİ
4 K	07:20:00	74	100
4 K	07:30:00	94	120
4 K	07:45:00	89	100
4 K	08:00:00	74	100
4 K	08:05:00	72	83
4 K	08:10:00	76	100
4 K	08:15:00	75	100
4 K	08:20:00	82	83
4 K	08:25:00	81	100
4 K	08:30:00	89	120
4 K	08:35:00	87	100
4 K	08:45:00	82	100
4 K	08:50:00	73	100
4 K	08:55:00	71	100
4 K	15:15:00	87	100
4 K	15:30:00	86	120
4 K	15:45:00	88	120
4 K	16:00:00	75	100

Şekil 4.14. %70 doluluk oranı ve üzerindeki seferlerin model üzerinde gösterilmesi

Modelin aktif olarak çalışması durumunda şehir genelinde hizmet veren tüm araçların kaydedilmesiyle birlikte var olan araç sayılarına göre dağılım yapılacak şekilde kotalı olarak araç kapasitesi düşürülebilecektir. %70 doluluk oranının altında bulunan araçların kapasitelerinde düşürme işlemi uygulandıktan sonra 3 seferin %70 doluluk oranının üzerine çıktığı aşağıda görülmektedir. Uygun doluluk oranına ulaşan seferler mavi renk ile Şekil 4.15'te gösterilmektedir.

HAT	SEFER ZAMANI	MAX KİŞİ SAYISI	ARAC KAPASİTESİ	YENİ KAPASİTE
4 K	08:40:00	83	120	100
4 K	09:00:00	61	100	83
4 K	09:05:00	58	100	83
4 K	09:10:00	43	83	64
4 K	14:30:00	45	100	83
4 K	14:45:00	49	83	64
4 K	16:05:00	43	100	83

Şekil 4.15. Kapasitesi düşürüldüğünde %70 doluluk oranının üzerine çıkan seferler

Doluluk oranının altındaki seferler için yeniden araç kapasitesi düşürme işlemi uygulandığında ise aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi 2 adet aracın daha uygun doluluk oranına ulaştığı görülmektedir.

HAT	SEFER ZAMANI	MAX KİŞİ SAYISI	ARAC KAPASİTESİ	YENİ KAPASİTE
4 K	09:05:00	58	83	64
4 K	09:10:00	43	64	-
4 K	09:15:00	32	0	-
4 K	14:05:00	41	83	64
4 K	16:10:00	50	83	64
4 K	16:15:00	42	0	-

Şekil 4.16. İkinci birleştirme sonucunda %70 doluluk oranının üzerine çıkan seferler

Kapasite düşürme işlemlerinin ardından doluluk oranına ulaşamayan seferler birleştirilecektir. Birleştirme işlemi uygulanacak olan seferler aşağıda görülmektedir. Seferde araca binen kişi sayıları toplanarak araç kapasitesi ile uygunluk kontrolü yapılarak seferler birleştirilmekte ve yeni sefer zamanları hesaplanmaktadır.

HAT	SEFER ZAMANI	MAX KISI SAYISI	BIRLESIM KISI SAYISI
4 K	09:10:00	43	43***
4 K	09:15:00	32	75***
4 K	09:20:00	28	28
4 K	09:25:00	29	57***
4 K	09:30:00	30	30
4 K	09:45:00	29	59***
4 K	10:00:00	38	38
4 K	10:15:00	36	74***
4 K	10:30:00	42	42
4 K	10:40:00	29	71***
4 K	10:45:00	39	39
4 K	11:05:00	42	81***
4 K	11:20:00	39	39
4 K	11:35:00	37	76***
4 K	11:50:00	29	29
4 K	12:05:00	29	58***
4 K	12:20:00	27	27
4 K	12:30:00	27	54***
4 K	12:35:00	23	23
4 K	12:40:00	21	44***
4 K	12:45:00	20	64***
4 K	12:50:00	18	18
4 K	12:55:00	17	35***
4 K	13:00:00	37	72***
4 K	13:05:00	42	42
4 K	13:10:00	35	77***
4 K	13:15:00	33	33
4 K	13:20:00	30	63***
4 K	13:25:00	27	27
4 K	13:30:00	31	58***
4 K	13:40:00	30	88***
4 K	13:45:00	29	29
4 K	13:50:00	29	58***
4 K	13:55:00	27	27
4 K	14:00:00	30	57***
4 K	14:15:00	29	29
4 K	14:20:00	31	60***
4 K	14:30:00	26	26
4 K	14:35:00	24	50***
4 K	14:40:00	21	71***
4 K	14:50:00	19	19
4 K	15:10:00	23	42***
4 K	15:25:00	27	69***
4 K	15:45:00	23	23
4 K	16:05:00	30	53***
4 K	16:20:00	27	80***

Şekil 4.17. Birleştirilecek olan seferlerin hesaplanması

4 K	16:25:00	20	20
4 K	16:30:00	25	45***
4 K	16:35:00	26	26
4 K	16:40:00	20	46***
4 K	16:45:00	27	27
4 K	16:50:00	20	47***
4 K	16:55:00	25	25
4 K	17:00:00	28	53***
4 K	17:05:00	25	25
4 K	17:10:00	23	48***
4 K	17:15:00	22	22
4 K	17:20:00	15	37***
4 K	17:25:00	15	52***
4 K	17:30:00	13	13
4 K	17:35:00	11	24***
4 K	17:40:00	16	40***
4 K	17:45:00	15	55***
4 K	18:00:00	8	8
4 K	18:20:00	7	15***
4 K	18:40:00	5	20***
4 K	19:00:00	4	24***
4 K	19:40:00	6	30***
4 K	20:20:00	8	38***
4 K	07:40:00	24	62***
4 K	08:00:00	17	17
4 K	08:15:00	21	38***
4 K	08:25:00	19	57***
4 K	08:35:00	15	15
4 K	08:40:00	12	27***
4 K	08:50:00	19	46***
4 K	08:55:00	21	21
4 K	09:00:00	12	33***
4 K	09:05:00	8	41***
4 K	09:10:00	10	51***
4 K	09:20:00	9	9
4 K	09:25:00	10	19***
4 K	09:30:00	12	31***
4 K	09:45:00	9	40***
4 K	10:00:00	15	55***
4 K	10:15:00	19	19
4 K	10:30:00	17	36***
4 K	10:45:00	20	56***
4 K	11:00:00	22	22
4 K	11:15:00	27	49***
4 K	11:30:00	27	27
4 K	11:45:00	28	55***

Şekil 4.17. Birleştirilecek olan seferlerin hesaplanması (devam)

4 K	12:00:00	27	27
4 K	12:15:00	27	54***
4 K	12:20:00	29	29
4 K	12:25:00	31	60***
4 K	12:30:00	31	31
4 K	12:35:00	38	69***
4 K	12:40:00	32	32
4 K	12:45:00	29	61***
4 K	12:50:00	32	32
4 K	13:00:00	34	66***
4 K	13:05:00	31	31
4 K	13:10:00	33	64***
4 K	13:15:00	32	32
4 K	13:20:00	31	63***
4 K	13:25:00	29	29
4 K	13:35:00	34	63***
4 K	13:40:00	30	30
4 K	13:45:00	33	63***
4 K	13:50:00	34	97***
4 K	13:55:00	26	26
4 K	14:05:00	41	67***
4 K	16:15:00	42	42
4 K	16:30:00	33	75***
4 K	16:45:00	27	27
4 K	16:50:00	23	50***
4 K	16:55:00	30	30
4 K	17:00:00	20	50***
4 K	17:05:00	20	20
4 K	17:10:00	18	38***
4 K	17:15:00	12	50***
4 K	17:20:00	11	11
4 K	17:25:00	14	25***
4 K	17:30:00	11	36***
4 K	17:45:00	9	45***
4 K	18:00:00	13	13
4 K	18:10:00	12	25***
4 K	18:20:00	10	35***
4 K	18:30:00	15	50***
4 K	18:40:00	10	10
4 K	18:50:00	13	23***
4 K	19:00:00	12	35***
4 K	19:20:00	10	45***
4 K	19:40:00	10	10
4 K	20:15:00	19	29***

Şekil 4.17. Birleştirilecek olan seferlerin hesaplanması (devam)

Seferlerin birleşimi sonucunda oluşan yeni seferler Şekil 4.18’de görüldüğü gibi olacaktır.

HAT	YENİ ARAC KAPASİTESİ	YENİ SEFER ZAMANI	BİRLEŞİM KİŞİ SAYISI
4 K	83	09:07:00	75
4 K	64	09:23:00	57
4 K	64	09:37:00	59
4 K	83	10:07:00	74
4 K	83	10:35:00	71
4 K	83	10:55:00	81
4 K	83	11:27:00	76
4 K	64	11:57:00	58
4 K	64	12:25:00	54
4 K	64	12:40:00	64
4 K	83	12:55:00	72
4 K	83	13:07:00	77
4 K	64	13:17:00	63
4 K	100	13:38:00	88
4 K	64	13:47:00	58
4 K	64	13:58:00	57
4 K	64	14:18:00	60
4 K	83	14:35:00	71
4 K	83	15:08:00	69
4 K	83	16:03:00	80
4 K	64	16:28:00	45
4 K	64	16:37:00	46
4 K	64	16:47:00	47
4 K	64	16:58:00	53
4 K	64	17:07:00	48
4 K	64	17:20:00	52
4 K	64	17:38:00	55
4 K	64	20:20:00	62
4 K	64	08:13:00	57
4 K	64	08:43:00	46
4 K	64	09:02:00	51
4 K	64	09:40:00	55
4 K	64	10:30:00	56
4 K	64	11:08:00	49
4 K	64	11:38:00	55
4 K	64	12:08:00	54
4 K	64	12:23:00	60
4 K	83	12:33:00	69
4 K	64	12:42:00	61
4 K	83	12:55:00	66
4 K	64	13:08:00	64
4 K	64	13:17:00	63
4 K	64	13:30:00	63
4 K	100	13:45:00	97
4 K	83	14:00:00	67

Şekil 4.18. Birleşim sonucu oluşturulan yeni sefer listesi

4 K	83	16:22:00	75
4 K	64	16:47:00	50
4 K	64	16:57:00	50
4 K	64	17:10:00	50
4 K	64	17:32:00	45
4 K	64	18:15:00	50
4 K	64	19:00:00	45
4 K	64	19:58:00	29

Şekil 4.18. Birleşim sonucu oluşturulan yeni sefer listesi (devam)

Modelin çalıştırılması sonucunda yeni sefer listesi oluşturulmuştur ve az yolcu ile tamamlanan seferler iptal edilmiştir. İptal edilen seferler Şekil 4.19’da gösterilmiştir.

HAT	SEFER ZAMANI	KISI SAYISI
4 K	09:10:00	43
4 K	09:20:00	28
4 K	09:30:00	30
4 K	10:00:00	38
4 K	10:30:00	42
4 K	10:45:00	39
4 K	11:20:00	39
4 K	11:50:00	29
4 K	12:20:00	27
4 K	12:35:00	23
4 K	12:40:00	21
4 K	12:50:00	18
4 K	12:55:00	17
4 K	13:05:00	42
4 K	13:15:00	33
4 K	13:25:00	27
4 K	13:30:00	31
4 K	13:45:00	29
4 K	13:55:00	27
4 K	14:15:00	29
4 K	14:30:00	26
4 K	14:35:00	24
4 K	14:50:00	19

Şekil 4.19. Doluluk oranına ulaşamadığı için iptal edilen seferler

4 K	15:10:00	23
4 K	15:45:00	23
4 K	16:05:00	30
4 K	16:25:00	20
4 K	16:35:00	26
4 K	16:45:00	27
4 K	16:55:00	25
4 K	17:05:00	25
4 K	17:15:00	22
4 K	17:20:00	15
4 K	17:30:00	13
4 K	17:35:00	11
4 K	17:40:00	16
4 K	18:00:00	8
4 K	18:20:00	7
4 K	18:40:00	5
4 K	19:00:00	4
4 K	19:40:00	6
4 K	20:20:00	8
4 K	08:00:00	17
4 K	08:15:00	21
4 K	08:35:00	15
4 K	08:40:00	12
4 K	08:55:00	21
4 K	09:00:00	12
4 K	09:05:00	8
4 K	09:20:00	9
4 K	09:25:00	10
4 K	09:30:00	12
4 K	09:45:00	9
4 K	10:15:00	19
4 K	10:30:00	17
4 K	11:00:00	22
4 K	11:30:00	27
4 K	12:00:00	27
4 K	12:20:00	29
4 K	12:30:00	31
4 K	12:40:00	32
4 K	12:50:00	32
4 K	13:05:00	31
4 K	13:15:00	32
4 K	13:25:00	29
4 K	13:40:00	30
4 K	13:45:00	33

Şekil 4.19. Doluluk oranına ulaşamadığı için iptal edilen seferler (devam)

4 K	13:55:00	26
4 K	16:15:00	42
4 K	16:45:00	27
4 K	16:55:00	30
4 K	17:05:00	20
4 K	17:10:00	18
4 K	17:20:00	11
4 K	17:25:00	14
4 K	17:30:00	11
4 K	18:00:00	13
4 K	18:10:00	12
4 K	18:20:00	10
4 K	18:40:00	10
4 K	18:50:00	13
4 K	19:00:00	12
4 K	19:40:00	10

Şekil 4.19. Doluluk oranına ulaşamadığı için iptal edilen seferler (devam)

Hafta içi yolculukların ortalaması alınarak model çalıştırıldığında 86 adet 0 yönünde(Yıldız -Eskişehir Teknik Üniversitesi) 85 adet 1 yönünde(Eskişehir teknik Üniversitesi - Yıldız) hizmet veren 171 adet seferden 83 adet sefer iptal edilmiştir. Hafta sonu gerçekleşen seferlerin model sonucu aşağıda görülmektedir.

4 K	07:30:00	6	83
4 K	08:00:00	5	64
4 K	08:30:00	6	83
4 K	09:00:00	9	64
4 K	09:30:00	10	83
4 K	10:00:00	8	64
4 K	10:30:00	7	83
4 K	11:00:00	4	64
4 K	11:30:00	3	83
4 K	12:00:00	4	64
4 K	12:30:00	3	83
4 K	13:00:00	2	64
4 K	13:30:00	4	83
4 K	14:00:00	3	64
4 K	14:30:00	2	83
4 K	15:00:00	1	64
4 K	15:30:00	2	83
4 K	16:00:00	2	64
4 K	16:30:00	2	83
4 K	17:00:00	2	64
4 K	17:30:00	3	83
4 K	18:00:00	2	64
4 K	18:30:00	2	83
4 K	19:00:00	3	64

Şekil 4.20. Doluluk oranına ulaşmayan hafta sonu seferleri

4 K	19:30:00	1	83
4 K	20:00:00	3	64
4 K	08:15:00	1	83
4 K	08:45:00	2	64
4 K	09:15:00	5	83
4 K	09:45:00	5	64
4 K	10:15:00	5	83
4 K	10:45:00	5	64
4 K	11:15:00	6	83
4 K	11:45:00	6	64
4 K	12:15:00	12	83
4 K	12:45:00	14	64
4 K	13:15:00	11	83
4 K	13:45:00	9	64
4 K	14:15:00	13	83
4 K	14:45:00	8	64
4 K	15:15:00	11	83
4 K	15:45:00	10	64
4 K	16:15:00	14	83
4 K	16:45:00	16	64
4 K	17:15:00	17	83
4 K	17:45:00	13	64
4 K	18:15:00	11	83
4 K	18:45:00	10	64
4 K	19:15:00	2	83
4 K	19:45:00	3	64
4 K	20:15:00	5	83

Şekil 4.20. Doluluk oranına ulaşmayan hafta sonu seferleri (devam)

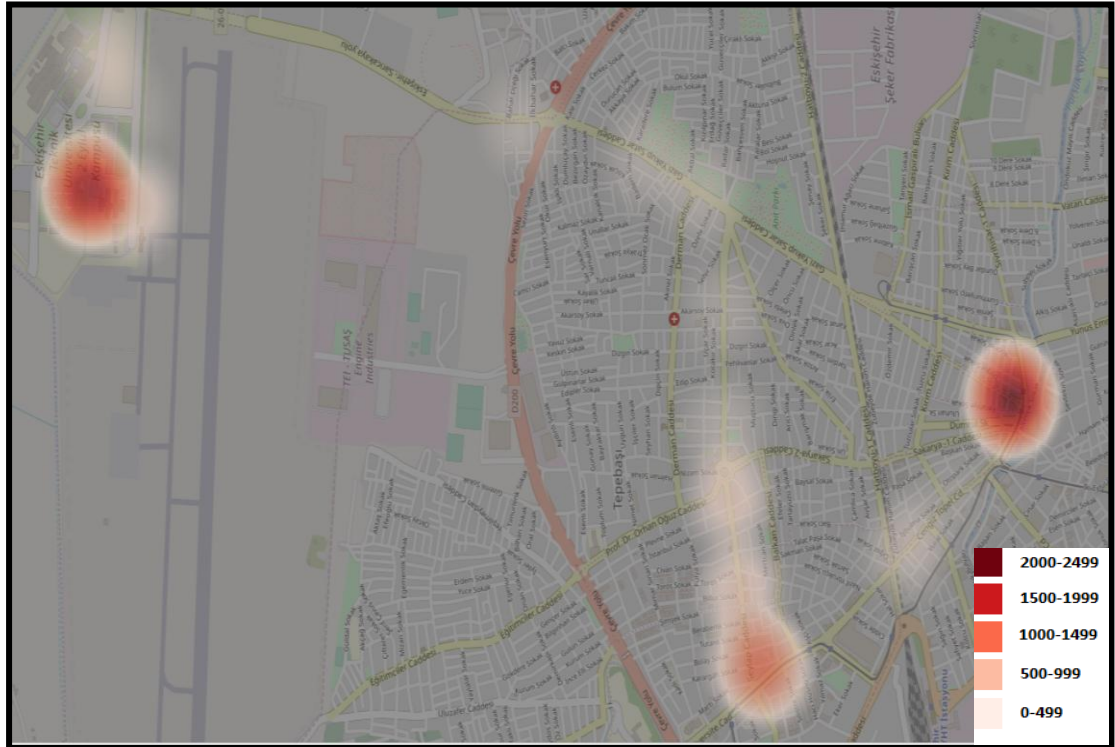
Hafta sonu seferleri incelendiğinde, 26 adet 0 yönü(Yıldız -Eskişehir Teknik Üniversitesi) ve 26 adet 1 yönü(Eskişehir teknik Üniversitesi - Yıldız) olmak üzere 52 adet seferin hiçbiri %70 yada daha fazla doluluk oranında hizmet vermediği görülmektedir. Araç kapasitesi düşürüldüğünde yine uygun doluluk oranına ulaşılamamıştır. Aşağıda hafta sonu seferleri için birleştirme sonucu görülmektedir.

HAT	YENİ ARAC KAPASİTESİ	YENİ SEFER ZAMANI	BİRLESİM KİŞİ SAYISI
4 K	64	08:45:00	44
4 K	64	14:00:00	44
4 K	64	19:00:00	11
4 K	64	10:15:00	47
4 K	64	13:15:00	47
4 K	64	15:45:00	59
4 K	64	18:45:00	61

Şekil 4.21. Hesaplanan yeni hafta sonu sefer listesi

Hafta sonu verilerinin incelenmesi sonucunda da 52 adet sefer yerine sadece 7 adet gerçekleştirerek ulaşım hizmetinin gerçekleştirilebileceği görülmektedir. Hafta sonu iptal edilen 45 adet sefer ve hafta içi iptal edilen 83 adet sefer il genelinde oldukça yüksek sayıları bulacaktır. İptal edilen bu seferlerle talep edilen seyahatler rahatlıkla karşılanabilecek ve oldukça yüksek bir tasarruf sağlanacaktır. Bu seferlerin yerine mobil uygulama ile yolculuk talepleri alınarak yolculara Singapur örneğinde olduğu gibi oturma garantili yolculuk hizmeti sunulacak böylece iptal edilen bu seferlerle talep edilen seyahatler rahatlıkla karşılanabilecek ve oldukça yüksek bir tasarruf sağlanacaktır. Hafta içi ve hafta sonu olarak sefer sayılarına göre 2 farklı değerlendirme yaptığımız model ile günlere göre bir plan oluşturmakta mümkün olabilecektir. Dinamik Ulaşım Planı Modeli ile seferler iptal edilebileceği gibi tam tersine bir hareketin olacağı da önceden tespit edilebilerek iptal edilen seferler yerine ilave seferler yapılabilir.

Modele uygulanan toplam 2146 adet yolculuk hareketinin duraklardaki dağılımı sonucu oluşan yoğunluk haritası Şekil 4.22’de görüldüğü gibidir. Diğer hatlara ait verilerin toplanmasıyla birlikte daha kapsamlı yoğunluk haritaları oluşturulabilecektir. Bu yoğunluk haritaları ulaşım planlamanın yanında şehrin yönetimi ve güvenliği gibi birçok konuda kullanılabilecektir.



Şekil 4.22. Yolculuk yoğunluk haritası

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLARI

Eskişehir Teknik Üniversitesi Kampüsü’nde hizmet vermekte olan hat ve durak bilgileri çalışmada konvansiyel olarak ele alınarak otobüslere binen yolcu sayıları hipotetik olarak eklendiğinde yaklaşık yüzde 11 oranında seferlerin azaldığı görülmüştür. Bunun üzerine hipotetik olarak çalışan sisteme gerçek veriler yerleştirildiğinde 171 adet hafta içi bir günde gerçekleşen sefer sayısı ve 52 adet hafta sonu 1 günde gerçekleşen sefer sayısından hafta içi bir günde 83 adet sefer ve hafta sonu bir günde 45 adet sefer iptal edilerek haftada gerçekleştirilen 959 adet sefer yerine 454 adet sefer ile gerçekleştirilebileceği görülmüştür. Sefer sayılarının %52,65 oranında optimize edildiği ve haftada 4040 km. tasarruf ederek temel ulaşım hizmetinin verilebileceği görülmektedir. Bu kavramsal altyapı, trafik yoğunluğunun azalmasına, azalan yakıt tüketimi sonucunda çevre kirliliği ve yakıt giderlerinin azalmasına, ulaşım planlarının dinamik hale getirilmesiyle birlikte plan maliyetlerinin ortadan kalkmasına sebep olmakla birlikte daha etkin bir ulaşım da olanak sağlayacaktır.

Dinamik programlama mantığı ile geliştirilen bu sistem sezgisel yöntemlerden ziyade ileride geliştirmeye açık(hat optimizasyonu, gelen yolculuk taleplerin doğrudan karşılanabilmesi vb.) akıllı bir sistemin kavramsal altyapısını oluşturmaktadır.

Bu çalışma sonucunda incelenen veriler çerçevesinde araç kapasitelerinde düşüş olduğu ve sefer sayılarının yüksek oranlarda azalabileceği görülmüştür. Ulaşımın çok yoğun olduğu zamanlarda ise toplu taşıma araçları yetersiz kalabilecektir. Bu nedenle ulaşım hareketlerinin önceden tahmin edilebilmesi oldukça önem kazanmaktadır. Bunun yanında daha çeşitli kapasitelerde ulaşım araçlarının bulunmasının sistemdeki alternatiflerin artmasını sağlayacağı görülmüştür. Yolcu sayısının az olduğu durumlarda araç kapasitesinin düşürülmesiyle birlikte yolcuların beklemesinin önüne geçilebilecektir.

Sonuç olarak yoğun zamanlarda seferlerin sıklaştırılarak yolculara etkin bir ulaşım hizmeti sunmak gerekirken sakin zamanlarda da seferleri azaltarak yada daha küçük kapasiteli araçlar çalıştırarak çevre kirliliği, trafik yoğunlu, iş gücü, enerji gibi birçok konuda tasarruf sağlayabilmek ve doğru zamanda doğru hizmeti vermek doğru planlama ile mümkün olacaktır. Doğru planlamanın ise teknoloji altyapısına dayanması gerektiği, coğrafi bilgi sistemi teknikleri kullanılarak analizler yapılması ve yapay zeka teknikleri kullanarak çeşitli çıkarımlar yapılması böylece oluşturulan uzman sistemin

toplu taşıma hizmetinde 3 farklı faktör ile doğrulama yaparak dinamik bir yapının oluşması gerektiği görülmüştür. Oluşan dinamik model araç validatör cihazlarından anlık alınan veriler ve nüfus veritabanı ile eşleştirilmesi ile bölgeye taşınan ya da bölgeden ayrılan kişiler anlık olarak tutulabilecek ve sistem kendi yaşam döngüsünde hiçbir müdahaleye gerek kalmadan çalışabilecektir. Ulaşım planlarının dinamik yapıda oluşturulmasının yanı sıra şehrin güvenliği ve şehrin yönetimi için yapılması gereken analizlere(Şu anda hangi bölgede kaç kişi var? Yapılacak bir etkinlik nerede yapılmalı? Bisiklet yolu nereye yapılmalı? Genç yoğunluğu nerede? Vb.) imkân sağlayan güncel bir veri tabanı fırsatı sunarak kolay, hızlı ve etkili kararlar alınmasını sağlayacaktır.



6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Akıllı şehirler kapsamında yapay zeka teknikleri kullanılarak etkin ulaşım planlarının hazırlanması üzerine bir model önerisi sunan çalışma kapsamında tartışma ve öneriler bu bölümde aşağıda incelenmiştir.

6.1. Tartışma

Günümüzde insanların birçoğu zamanının büyük kısmını ulaşım için harcamaktadır. Zaman ise oldukça önemli bir kavramdır ve zamandan tasarruf etmek önem kazanmaktadır. Bunun yanında ulaşım, şehirdeki trafik yoğunluğunun büyük bir kısmını oluşturur ve enerji tüketimi, çevre kirliliği, iş yükü tasarrufu bakımından anlam teşkil etmektedir. İnsanların toplu taşıma araçlarına yönlendirilebilmesi ve toplu taşıma hizmetinin mümkün olan en efektif biçimde verilmesi şehrin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır.

Yapay zekâ teknikleri kullanılmadan uzun dönemli analizler neticesinde hazırlanan ulaşım planları statik ve değişime açık değildir. Bu planların hazırlanması karmaşık ve zaman alıcı olduğu gibi değişimlere anlık olarak tepki verememektedir. Ulaşım planlarının cbs ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak daha detaylı analizler ile oluşturulması, daha etkin bir ulaşım hizmeti sunulabilmesine imkân sağlamaktadır.

Günümüz teknoloji imkânlarını kullanarak hazırlanan ulaşım planları insanlar tarafından optimize edilmeye çalışılan ve bir dayanağı olmayan planların aksine sürekli güncellenen ve işlenen bir bilgiye dayanmaktadır. Ulaşım yoğunlukları ve nüfus yoğunluklarının analizi yapılabilecek böylece ulaşımın yanında birçok alanda yönetim kolaylığı ortaya çıkmaktadır. Ulaşım planı dinamik yapıda olacağından yapılacak olan ekleme veya çıkartmalar kolaylıkla gerçekleştirilebilecektir.

Dinamik olarak hazırlanan ulaşım planları, ulaşımın yanında güvenlik ve yönetim konularında da kolaylık sağlamalıdır. Günümüzde oldukça önemli olan veri, tek bir problemi çözmek için değil ileride oluşabilecek ihtiyaçları önceden görerek farklı karar verebilme mekanizmalarına altyapı olabilecek şekilde gelişime ve değişime açık olarak tutulmalıdır.

Şehirde sürdürülebilirliğin sağlanması ile şehrin akıllı şehir kapsamında değerlendirilmesi, günümüzde çok değerli olan verilerin doğru bir şekilde toplanarak analizlerinin yapılması, şehirde yaşayan kişilerin ulaşımında geçen zamanlarından tasarruf

ettirilmesi açısından dinamik ulaşım planlarının oluşturulması önem kazanmaktadır. Literatürde, araç rotalama problemi ve en kısa yolu bulma çalışmaları ile daha sık karşılaşılmamasına rağmen toplu ulaşım planlamasında en kısa zaman, en düşük maliyet, en kaliteli hizmet sunmayı hedefleyen çalışmaya rastlanmamıştır. Akademik çalışmalarda ve yerel yönetim çalışmalarında bu konuya ağırlık verilmesinin önemli ve ihtiyaç dâhilinde olduğu görülmektedir.

6.2. Öneriler

Yapay zekâ teknikleri kullanılarak etkin ulaşım planları oluşturulması üzerine bir model sunan çalışma ile %52.65 oranında azalmış olan sefer sayısının küçük bir bölümünü kullanarak toplanan seyahat taleplerinin karşılanması, en kısa mesafe ve en kısa süre problemlerinin optimizasyonu ile oturma garantili hizmet veren toplu taşıma araçlarının hizmete alınması hem ulaşım hizmetinin aksamaması hem de toplu taşımanın vatandaşların daha ihtiyaçlarını gidermeye yönelik planlanabilir. Böylece kentte yaşayan bireyler toplu taşıma araçlarını daha aktif kullanmaya teşvik edilerek toplu taşıma araçlarının, yakıt, iş gücü, trafik yoğunluğu ve çevre kirliliği parametrelerinde azalma gerçekleşebilir.

Çalışmada sadece geçmiş yolculuk hareketlerinden yararlanılarak gelecekteki yolculuk hareketlerinin optimizasyonu yapılmıştır. Bunun yanında şehirdeki önemli lokasyonlara(hastane, üniversite, otogar, kamu kurumları vb.) ait saatlik ulaşım hareketlerinin(yolcu sayısı, öğrenci sayısı, personel sayısı vb.) analizinin yapılması ile toplu ulaşım hatlarının optimizasyonu önemli lokasyonları kapsayan planlar oluşturulabilecek böylece toplu taşıma hizmetinin daha etkin verilmesi sağlanabilecektir.

Ayrıca şehir üzerinde bölgeler(zone) oluşturularak bölgelerin nüfus yoğunluk analizleri(çalışan kişi sayısı, öğrenci sayısı, yaşayan sayısı) sokak ve bina bazındaki analizlere indirgenerek yapıldığında, önemli lokasyonların ulaşım hareketi tahminleri yapıldığında ve geçmiş ulaşım verilerinin analizi ile gelecek ulaşım hareketlerinin tahmini yapıldığında ulaşım hareketlerinin planlanması 3 faktörlü doğrulama tekniği ile yapıldığından çok daha doğru sonuçlar üretilebilecektir. Böylece ulaşım planlaması çok faktörlü olarak gerçeğe çok daha yakın olarak planlanabilir. Bunun sonucunda araçlar

nüfus yoğunluğuna göre dağıtılabilir, durak ve hat optimizasyonu bu yoğunluklara göre oluşturulabilir.

Araçlara binen kişi sayıları anlık olarak web servisler ile alınırken, bunun yanında inen kişi sayısının da kapılara yerleştirilen yüz tanıma kameraları, hareket algılayıcı sensörler veya araç lastiklerinde bulunan basınç ölçen sensörler vasıtasıyla hesaplanması araç kapasite hesaplamasının doğru hesaplanması için gerekmektedir. İnen kişi sayısının bilinmesi doğru kapasite hesabının yanında önemli bir veri kaynağı olacaktır.

Oluşturulan ve geliştirilmesi oldukça faydalı olacağı düşünülen bu modelin daha da faydalı ve etkili olabilmesi için kurumsal anlamda şehrin yönetiminde rol sahibi olan kurumların veri paylaşımı ve veri entegrasyonu yapması gerekmektedir. Bu entegrasyonun sağlanması durumunda nüfus sayısı sürekli güncel kalacak, yoğunluk tespit edilerek ulaşım hareketleri planlanabilecek, kolluk kuvvetleri güvenlik amacıyla yoğunluk tespiti yapabilecek ve birçok analizin altyapısı oluşturulacaktır. Dinamik ulaşım planlamanın yanında dinamik kent rehberi oluşmasına da olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Ayataç, H. (2016). KENTSEL ULAŞIM PLANLAMASI VE İSTANBUL.
- [2] Franklin, R.S., Van Leeuwen, E.S., and Paez, A. (2018) Transportation where people leave: An introduction, in *Advances in Transport Policy and Planning*.
- [3] Ling, Y., Zong-fu, J., Shou-xu, J., Xiang-minR. and Fu-sheng, Z. (2017), Urban night bus routes planning with taxi traces. in 2017 12th International Conference on Computer Science and Education (ICCSE). 22-25 Aug. 2017, 375-379.
- [4] Neumann, T. (2017). Fuzzy Routing Algorithm in Telematics Transportation Systems. Cham: Springer International Publishing.
- [5] Murphy, E. (2012). Urban spatial location advantage: The dual of the transportation problem and its implications for land-use and transport planning. *Transportation Research Part a-Policy and Practice*, 46(1): p. 91-101
- [6] Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25-36.
- [7] Kyriazis, D., Varvarigou, T., White, D., Rossi, A., & Cooper, J. (2013, June). Sustainable smart city IoT applications: Heat and electricity management & Eco-conscious cruise control for public transportation. In 2013 IEEE 14th International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks"(WoWMoM)(pp. 1-5). IEEE.
- [8] Chen, Y., A. Ardila-Gomez, and G. Frame, *Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2017. **54**: p. 381-396.
- [9] Glasmeier, A. and M. Nebiolo, *Thinking about smart cities: The travels of a policy idea that promises a great deal, but so far has delivered modest results*. *Sustainability*, 2016. **8**(11): p. 1122.

- [10] Goodspeed, R., *Smart cities: moving beyond urban cybernetics to tackle wicked problems*. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 2014. **8**(1): p. 79-92.
- [11] Elvan, L., *Akıllı şehirler: lüks değil ihtiyaç*. İTÜ Vakfı Dergisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını, Temmuz-Eylül, 2017(77): p. 6-10.
- [12] Çelikyay, H.H. *Teknoloji Girdabından Akıllı Şehre Dönüşüm: İstanbul Örneği*. in *Bursa: 2nd Turkey Graduate Studies Congress*. 2013.
- [13] Kumar Debnath, A., Haque, M. M., Chin, H. C., & Yuen, B. (2011). Sustainable urban transport: Smart technology initiatives in Singapore. *Transportation Research Record*, 2243(1), 38-45..
- [14] Meyer, M. D., & Miller, E. J. (2001). *Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach* McGraw Hill. *New York*.
- [15] Dr. Gupta Pankaj, D.N.J., Prof. Sikdar, P. K., Dr. Kumar, K. (2009). *Geographical Information System in Transportation Planning*.
- [16] Schofer, R.E. and Levin, B.M. (1967). *The urban transportation planning process*. *Socio-Economic Planning Sciences*, **1**(2): p. 185-197.
- [17] Babalik-Sutcliffe, E. (2013). *Urban Form and Sustainable Transport: Lessons from the Ankara Case*. *International Journal of Sustainable Transportation*, **7**(5): p. 416-430.
- [18] Edwards, J.L.S. (1977). *Relationships Between Transportation Energy Consumption and Urban Structure: Results of Simulation Studies*. *Transportation Research Record* 599.
- [19] Schroeder, B.J. (2016). *Part 2 - Transportation Planning*, in *Highway Engineering*. Butterworth-Heinemann. p. 17-88.
- [20] Zou, M., Chen, X. M., Yu, H., Tong, Y., Huang, Z., Li, M., & Zou, H. (2013). *dynamic transportation planning and operations: concept, framework and applications in China*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **96**, 2332-2343.
- [21] ÖZALP, M. (2008). *TÜRKİYE'DEKİ KENTİÇİ ULAŞIM PLANLAMASI ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (1)*.

- [22] ÇABUK, S.N. (2015). *CBS'nin Yerel Yönetimlerde Kullanımı ve Kent Bilgi Sistemleri*.
- [23] Arampatzis, G., Kiranoudis, C. T., Scaloubacas, P., & Assimacopoulos, D. (2004). A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies. *European Journal of Operational Research*, 152(2), 465-475.
- [24] Hong, S. and Vonderohe, A. (2014). *Uncertainty and Sensitivity Assessments of GPS and GIS Integrated Applications for Transportation*. *Sensors*, **14**(2): p. 2683.
- [25] Bayzan, Ş. (2009). GPRS Verileri Yardımıyla Araç Rotalarının Belirlenmesi Problemine Farklı Bir Yaklaşım. *Akademik Bilişim*, 9(1).
- [26] Goodchild, M. F. (1998). Geographic information systems and disaggregate transportation modeling. *Geographical Systems*, 5, 19-44.
- [27] Mutlu, M.M. and Alver, Y. (2004). *Ulaşım Planlama Destek Sistemi Olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Ege Üniversitesi Ulaşım Ana Planı Örneği*.
- [28] Ghose, M. K., Dikshit, A. K., & Sharma, S. K. (2006). A GIS based transportation model for solid waste disposal—A case study on Asansol municipality. *Waste management*, 26(11), 1287-1293.
- [29] Lopes, S., Brondino, N., & Rodrigues da Silva, A. (2014). GIS-based analytical tools for transport planning: Spatial regression models for transportation demand forecast. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(2), 565-583.
- [30] Mokashi, M. S., Okeke, P., & Mohan, U. (2017). Study on the Use of Geographic Information Systems (GIS) for Effective Transport Planning for Transport for London (TfL). In *Proceedings of the International Conference on Data Engineering and Communication Technology* (pp. 719-728). Springer, Singapore.
- [31] Liu, S., & Zhu, X. (2004). Accessibility analyst: an integrated GIS tool for accessibility analysis in urban transportation planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 105-124.

- [32] Li, Y., Lin, Y. Y., & Gong, Y. X. (2015). A GIS-Based Approach to Urban Community-Scale Carbon Emissions Modeling. In *Low-carbon City and New-type Urbanization* (pp. 329-336). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [33] <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/> (Erişim tarihi: 10.03.2019).
- [34] Thill, J. C. (2000). Geographic information systems for transportation in perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1-6), 3-12.
- [35] PİRİM, A. G. H. (2006). Yapay zeka. *Journal of Yaşar University*, 1(1), 81-93.
- [36] Wu, N., & Silva, E. A. (2010). Artificial intelligence solutions for urban land dynamics: a review. *Journal of Planning Literature*, 24(3), 246-265.
- [37] Wang, F. Y. (2010). Parallel control and management for intelligent transportation systems: Concepts, architectures, and applications.
- [38] Abdelsalam, H. M., Borhan, M. N., & Rahmat, R. A. O. (2018). EXPERT SYSTEM FOR GREEN TRANSPORTATION SYSTEM: AN OVERVIEW. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 96(7).
- [39] Kıyak, E., & Kahvecioğlu, A. (2003). Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 1(2), 63-72.
- [40] DENER, M., AKCAYOL, M. A., TOKLU, S., & BAY, Ö. F. (2011). ZAMANA BAğLI DİNAMİK EN KISA YOL PROBLEMİ İÇİN GENETİK ALGORİTMA TABANLI YENİ BİR ALGORİTMA. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(4).
- [41] ERDAL, H. YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ ve UZMAN SİSTEMLERİN KARASAL AKILLI ULAşIM SİSTEMLERİNİN DENETİMİNDE KULLANIMI.
- [42] Ünsal, O., Yiğit, T., & Altıntaş, C. (2016). Optimization of dynamic school bus routing problem by using metaheuristic and clustering methods. In *Proceedings of the 11th International Conference on Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT-2016)*(pp. 555-559).

- [43] ÇETİN, S., & GENCER, C. (2010). KESİN ZAMAN PENCERELİ-EŞ ZAMANLI DAĞITIM TOPLAMALI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ: Matematiksel Model. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3).
- [44] Calvete, H. I., Galé, C., Oliveros, M. J., & Sánchez-Valverde, B. (2007). A goal programming approach to vehicle routing problems with soft time windows. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1720-1733.
- [45] Keskindürk, T., Topuk, N., & Özyeşil, O. (2015). Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri. *İşletme Bilimi Dergisi*, 3(2), 77-107.
- [46] Lukka, A., & Lukka, M. (1988). Expert systems: a role in transportation planning. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 18(1), 3-8.
- [47] Kurbanoglu, S. (1992). Uzman Sistemler. *Türk Kütüphaneciliği*, 6(4), 189-193.
- [48] Akınoğlu, H. F. G. (1992). Uzman Sistemler. *Türk Kütüphaneciliği*, 6(3), 142-151.
- [49] Cosgrave, E., Arbuthnot, K., & Tryfonas, T. (2013). Living labs, innovation districts and information marketplaces: A systems approach for smart cities. *Procedia Computer Science*, 16, 668-677.
- [50] Akdamar, E. (2017). Akıllı Kent İdealine Ulaşmada Açık Verinin Rolü. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 6(1), 45-52.
- [51] <https://www.quora.com/How-is-a-smart-city-different-from-a-normal-city> (Erişim tarihi: 18.03.2019).
- [52] Lazaroïu, G. C., & Roscia, M. (2012). Definition methodology for the smart cities model. *Energy*, 47(1), 326-332.
- [53] <https://www.quora.com/Do-we-really-need-smart-cities> (Erişim tarihi: 18.03.2019).
- [54] Köz, A. (2011). *Akıllı ulaşım sisteminin kentiçi uygulamaları, İstanbul örneğinin değerlendirilmesi* (Doctoral dissertation, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

- [55] Grefenstette, J. J. (1986). Optimization of control parameters for genetic algorithms. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 16(1), 122-128.
- [56] Neungmatcha, W., Sethanan, K., Gen, M., & Theerakulpisut, S. (2013). Adaptive genetic algorithm for solving sugarcane loading stations with multi-facility services problem. *Computers and electronics in agriculture*, 98, 85-99.
- [57] Mallik, S. (2014). Intelligent transportation system. *International Journal of Civil Engineering Research*, 5(4), 367-372.
- [58] Pattnaik, S. B., Mohan, S., & Tom, V. M. (1998). Urban bus transit route network design using genetic algorithm. *Journal of transportation engineering*, 124(4), 368-375.
- [59] Fan, W., & Machemehl, R. B. (2006). Optimal transit route network design problem with variable transit demand: genetic algorithm approach. *Journal of transportation engineering*, 132(1), 40-51.
- [60] Johar, A., Jain, S. S., & Garg, P. K. (2016). Transit network design and scheduling using genetic algorithm—a review. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, 6(1), 9-22.
- [61] March, H., & Ribera-Fumaz, R. (2016). Smart contradictions: The politics of making Barcelona a Self-sufficient city. *European Urban and Regional Studies*, 23(4), 816-830.
- [62] Capdevila, I., & Zarlenga, M. I. (2015). Smart city or smart citizens? The Barcelona case. *Journal of Strategy and Management*, 8(3), 266-282.
- [63] <http://www.barcinno.com/smart-city-barcelona/> (Erişim tarihi: 20.03.2019).
- [64] Fietkiewicz, K. J., & Stock, W. G. (2015, January). How" Smart" Are Japanese Cities? An Empirical Investigation of Infrastructures and Governmental Programs in Tokyo, Yokohama, Osaka, and Kyoto. In *2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 2345-2354). IEEE.
- [65] Clarisse, P. H. A. M. (2015). Tokyo Smart City Development in Perspective of 2020 Olympics.
- [66] Mahizhnan, A. (1999). Smart cities: the Singapore case. *Cities*, 16(1), 13-18.

- [67] Bhati, A., Hansen, M., & Chan, C. M. (2017). Energy conservation through smart homes in a smart city: A lesson for Singapore households. *Energy Policy*, 104, 230-239.
- [68] Madakam, S., & Ramaswamy, R. (2016). Sustainable smart city: Masdar (UAE)(A city: Ecologically balanced). *Indian Journal of Science and Technology*, 9(6), 1-8.
- [69] Mangır, F. (2016). Yerel Yönetimler İçin" Akıllı Şehir" Stratejileri: Konya Türkiye Örneği. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 19, 17-36.
- [70] Gerçek, H., & Demir, O. (2005). Eskişehir ulaştırma ana planı. *Ulaştırma Kongresi*, 167-178.
- [71] <http://www2.estram.com.tr/Cntnt/81> (Erişim tarihi: 06.03.2019).
- [72] http://www.eskisehir.bel.tr/icerik_dvm.php?icerik_id=3932&cat_icerik=1&menu_id=24 (Erişim tarihi: 06.03.2019).
- [73] Etli, P. D., & Aksoylu, S. (2016, April). A critical outlook to remourban project of Eskisehir Tepebasi Municipality as a smart settlement. In *2016 5th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS)* (pp. 1-8). IEEE.
- [74] Gürsoy, O. (2019). *Akıllı Kent Yaklaşımı ve Türkiye'deki Büyükşehirler İçin Uygulama İmkânları* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- [75] Bulu, M., Önder, M. A., & Aksakalli, V. (2014). Algorithm-embedded IT applications for an emerging knowledge city: Istanbul, Turkey. *Expert Systems with Applications*, 41(12), 5625-5635.
- [76] ERKEK, S. 'Akıllı Şehircilik'Anlayışı ve Belediyelerin İnovatif Uygulamaları. *Medeniyet ve Toplum Dergisi*, 1(1), 55-72.
- [77] UÇAR, A., ŞEMŞİT, S., & NEGİZ, N. (2017). AVRUPA BİRLİĞİ AKILLI KENT UYGULAMALARI VE TÜRKİYE'DEKİ YANSIMALARI. *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 22.

- [78] ÇELİK, P., & TOPSAKAL, Y. (2017). Akıllı Turizm Destinasyonları: Antalya Destinasyonunun Akıllı Turizm Uygulamalarının İncelenmesi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 143), 149-166.
- [79] Ford, A., Barr, S., Dawson, R., & James, P. (2015). Transport accessibility analysis using GIS: Assessing sustainable transport in London. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(1), 124-149.
- [80] <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Planning/Master-Plan/Key-Focuses/TransportTransport> (Erişim tarihi: 25.10.2018).
- [81] Liu, R., Chen, Y., Wu, J., Xu, T., Gao, L., & Zhao, X. (2018). Mapping spatial accessibility of public transportation network in an urban area—A case study of Shanghai Hongqiao Transportation Hub. *Transportation research part D: transport and environment*, 59, 478-495.
- [82] Lu, Q. C. (2012). China's public transportation: Problems, policies, and prospective of sustainability. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 82(5), 36.
- [83] <http://www.shanghai.gov.cn/shanghai/node27118/node27386/node27408/n31241/n31277/u26ai38738.html> (Erişim tarihi: 20.10.2018).
- [84] <https://www.independent.co.uk/travel/news-and-advice/future-of-urbantransportation-unveiled-ahead-of-shanghai-expo-5530576.html> (Erişim tarihi: 16. 03. 2019).
- [85] <http://www.dot.ny.gov/main/transportation-plan/transportation-plan> (Erişim tarihi: 15.11.2018).
- [86] <http://www.dot.ny.gov/portal/page/portal/main/transportation-plan/repository/masterplan-111406.pdf> (Erişim tarihi: 21.11.2018).
- [87] <http://88.255.225.19:81/ulasim/ulasim.html> (Erişim tarihi: 05.07.2018).
- [88] <http://cbsakademi.ibb.istanbul/proje/tubs-toplu-ulasim-bilgi-sistemi/> (Erişim tarihi: 10.07.2018).

EK-1 ESTRAM A.Ş. VERİ KULLANIMI İZİN YAZISI



ESTRAM HAFİF RAYLI SİSTEMLER ULAŞIM
SAN. VE TİC. A.Ş.

Sayı : GM/1070-2018
Konu : Veri Temini Hakkında

27.12.2018

Sayın Onur BAŞKAYA

Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yüksek Lisans Programında “Yapay Zekâ Teknikleri Kullanılarak Etkin Ulaşım Planlarının Hazırlanması Üzerine Bir Model Önerisi” konulu yüksek lisans tezinde kullanılmak üzere Eskişehir Teknik Üniversitesi hatında hizmet vermekte olan otobüs ve yolcu sayısı bilgilerine ihtiyaç duyulduğu belirtilerek veri talep edilmiştir.

İstenilen hat üzerinde çalışan otobüs ve yolcu sayı bilgileri ekte gönderilmiştir. 08.10.2018-14.10.2018 tarihleri arasındaki otobüs ve yolcu sayısı verilerinin söz konusu çalışma kapsamında kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Mehmet Kağan SANDIKCIOĞLU
Yönetim Bilgi Sistemleri Müdürü

Ek:
Saatlik Yolcu Sayıları (2 Sayfa)

EK-2 ESTRAM A.Ş. 4K HATTI VERİLERİ 1. SAYFA

Tarih	Biniş	HAT	Plaka	00:00-01:00	05:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-00:00	T'Yoku
08.10.2018	akt	4 K	26 DL 918	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
08.10.2018	akt	4 K	26 DK 255	0	0	0	4	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
08.10.2018	akt	4 K	26 FJ 122	0	0	0	2	3	0	3	2	0	3	4	0	0	1	2	0	0	0	0	0	20
08.10.2018	akt	4 K	26 FJ 124	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	7
08.10.2018	akt	4 K	26 AAR 792	0	0	0	0	4	4	3	5	2	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	19
08.10.2018	akt	4 K	26 AAR 807	0	0	0	2	15	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	21
08.10.2018	akt	4 K	26 AAR 839	0	0	0	1	11	3	3	3	3	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28
08.10.2018	akt	4 K	26 AAR 840	0	0	0	0	3	10	4	3	3	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	25
08.10.2018	akt	4 K	26 AAR 844	0	0	0	0	3	0	4	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
09.10.2018	akt	4 K	26 DL 918	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
09.10.2018	akt	4 K	26 DK 255	0	0	0	2	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
09.10.2018	akt	4 K	26 AAR 792	0	0	0	0	6	5	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
09.10.2018	akt	4 K	26 AAR 807	0	0	0	1	2	2	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
09.10.2018	akt	4 K	26 AAR 839	0	0	0	0	12	5	6	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
09.10.2018	akt	4 K	26 AAR 840	0	0	0	0	5	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
09.10.2018	akt	4 K	26 AAR 851	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
10.10.2018	akt	4 K	26 DL 918	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10.10.2018	akt	4 K	26 FJ 119	0	0	0	0	2	4	3	1	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	56
10.10.2018	akt	4 K	26 FJ 122	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10.10.2018	akt	4 K	26 AAR 792	0	0	0	0	4	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
10.10.2018	akt	4 K	26 AAR 807	0	0	0	1	11	2	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
10.10.2018	akt	4 K	26 AAR 838	0	0	0	0	4	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
10.10.2018	akt	4 K	26 AAR 839	0	0	0	0	9	3	3	2	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	21
10.10.2018	akt	4 K	26 AAR 840	0	0	0	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
10.10.2018	akt	4 K	26 AAR 844	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11.10.2018	akt	4 K	26 DL 918	0	0	0	1	7	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
11.10.2018	akt	4 K	26 DK 255	0	0	0	0	4	1	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
11.10.2018	akt	4 K	26 FJ 119	0	0	0	0	3	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
11.10.2018	akt	4 K	26 AAR 792	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
11.10.2018	akt	4 K	26 AAR 807	0	0	0	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
11.10.2018	akt	4 K	26 AAR 838	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11.10.2018	akt	4 K	26 AAR 839	0	0	0	0	5	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
11.10.2018	akt	4 K	26 AAR 840	0	0	0	0	4	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
12.10.2018	akt	4 K	26 FJ 119	0	0	0	1	0	0	2	0	7	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	50
12.10.2018	akt	4 K	26 BL 508	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12.10.2018	akt	4 K	26 BL 517	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
12.10.2018	akt	4 K	26 AAR 792	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19
12.10.2018	akt	4 K	26 AAR 807	0	0	0	1	9	2	0	4	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	23
12.10.2018	akt	4 K	26 AAR 838	0	0	0	0	8	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
12.10.2018	akt	4 K	26 AAR 839	0	0	0	0	0	1	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
12.10.2018	akt	4 K	26 AAR 840	0	0	0	1	12	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
13.10.2018	akt	4 K	26 BL 510	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
13.10.2018	akt	4 K	26 BL 511	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
14.10.2018	akt	4 K	26 BL 509	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
14.10.2018	akt	4 K	26 BL 510	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
08.10.2018	ilk	4 K	26 DL 918	0	0	0	0	158	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	590
08.10.2018	ilk	4 K	26 DK 255	0	1	26	67	158	59	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	345
08.10.2018	ilk	4 K	26 FJ 122	0	0	0	82	86	41	75	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	804
08.10.2018	ilk	4 K	26 FJ 124	0	0	0	31	74	81	0	0	0	122	78	45	29	20	44	25	0	0	0	0	344

EK-3 ESTRAM A.Ş. 4K HATTI VERİLERİ 2. SAYFA

Tarih	Bölüş	HAT	Plaka	00:00-01:00	01:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-00:00	T Yolu	
08.10.2018	İlk	4K	26 AAR 792	0	0	0	0	165	71	36	29	68	87	93	73	104	75	14	5	0	0	0	0	0	820
08.10.2018	İlk	4K	26 AAR 807	0	0	0	25	155	38	0	0	0	140	27	81	90	79	31	0	6	0	0	0	0	672
08.10.2018	İlk	4K	26 AAR 839	0	0	0	30	141	84	53	41	96	162	70	56	134	91	5	7	0	0	0	0	0	970
08.10.2018	İlk	4K	26 AAR 840	0	0	0	0	161	73	77	69	123	97	7	70	86	93	21	15	0	0	0	0	0	892
08.10.2018	İlk	4K	26 AAR 844	0	0	0	0	162	35	96	39	68	84	60	15	161	80	6	0	0	0	0	0	0	806
09.10.2018	İlk	4K	26 DL 918	0	0	0	76	136	0	0	0	0	0	122	1	245	0	0	0	0	0	0	0	0	580
09.10.2018	İlk	4K	26 DK 255	0	2	20	87	155	40	0	37	57	0	0	0	78	73	7	11	0	0	0	0	0	567
09.10.2018	İlk	4K	26 AAR 792	0	0	0	0	149	69	30	50	49	156	24	79	86	75	3	0	8	0	0	0	0	778
09.10.2018	İlk	4K	26 AAR 807	0	0	0	0	153	51	48	72	77	143	107	78	90	37	41	3	0	0	0	0	0	924
09.10.2018	İlk	4K	26 AAR 839	0	0	0	21	148	32	25	52	158	112	87	40	73	83	23	6	0	0	0	0	0	860
09.10.2018	İlk	4K	26 AAR 840	0	0	0	0	171	54	52	28	93	187	3	95	158	20	18	0	0	0	0	0	0	879
09.10.2018	İlk	4K	26 AAR 844	0	0	0	17	137	77	52	61	65	108	15	83	74	69	0	9	0	0	0	0	0	767
09.10.2018	İlk	4K	26 AAR 851	0	0	0	85	83	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193
10.10.2018	İlk	4K	26 DL 918	0	0	0	4	209	0	0	0	0	114	0	97	4	0	0	0	0	0	0	0	0	428
10.10.2018	İlk	4K	26 FJ 119	0	0	0	88	86	38	35	33	129	111	5	89	81	7	41	0	0	0	0	0	0	784
10.10.2018	İlk	4K	26 FJ 122	0	0	25	67	118	62	56	53	57	125	40	79	82	3	0	9	0	0	0	0	0	776
10.10.2018	İlk	4K	26 AAR 792	0	0	0	0	151	42	0	0	0	94	73	79	40	43	0	0	6	0	0	0	0	528
10.10.2018	İlk	4K	26 AAR 807	0	0	0	18	155	42	33	45	82	64	102	0	83	80	0	0	0	0	0	0	0	704
10.10.2018	İlk	4K	26 AAR 838	0	0	0	0	98	5	88	30	65	143	71	8	78	28	25	12	15	0	0	0	0	666
10.10.2018	İlk	4K	26 AAR 839	0	0	0	29	131	91	51	35	67	92	71	0	73	40	8	0	2	0	0	0	0	690
10.10.2018	İlk	4K	26 AAR 840	0	0	0	0	84	47	40	25	58	128	95	20	89	1	36	2	0	0	0	0	0	625
10.10.2018	İlk	4K	26 AAR 844	0	0	0	43	105	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209
11.10.2018	İlk	4K	26 DL 918	0	0	0	63	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	433
11.10.2018	İlk	4K	26 DK 255	0	0	24	102	97	44	31	51	63	110	11	55	80	39	18	3	0	0	0	0	0	728
11.10.2018	İlk	4K	26 FJ 119	0	0	0	72	60	119	22	40	17	70	14	79	138	4	9	8	0	0	0	0	0	652
11.10.2018	İlk	4K	26 AAR 792	0	0	0	0	70	69	59	36	76	46	26	61	73	63	16	9	0	0	0	0	0	604
11.10.2018	İlk	4K	26 AAR 807	0	0	0	16	157	1	0	0	0	112	93	51	23	76	35	0	0	0	0	0	0	564
11.10.2018	İlk	4K	26 AAR 838	0	0	0	0	66	18	0	0	78	86	0	120	118	61	4	1	5	0	0	0	0	557
11.10.2018	İlk	4K	26 AAR 839	0	0	0	20	73	28	48	24	113	59	86	74	61	8	0	9	0	7	0	0	0	601
11.10.2018	İlk	4K	26 AAR 840	0	0	0	0	142	62	48	32	88	102	50	6	139	9	9	0	0	8	0	0	0	695
12.10.2018	İlk	4K	26 FJ 119	0	0	0	86	86	15	88	88	80	72	81	78	48	23	5	0	0	24	21	17	3	815
12.10.2018	İlk	4K	26 BL 508	0	0	0	29	76	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
12.10.2018	İlk	4K	26 BL 517	0	0	0	32	72	1	0	0	0	91	72	64	44	34	11	1	0	0	0	0	0	422
12.10.2018	İlk	4K	26 AAR 792	0	0	0	0	152	33	25	20	49	80	51	10	50	0	0	8	0	0	0	0	0	478
12.10.2018	İlk	4K	26 AAR 807	0	0	0	12	152	38	20	66	103	107	38	1	79	43	0	0	9	0	0	0	0	668
12.10.2018	İlk	4K	26 AAR 838	0	0	0	0	101	91	27	29	72	145	71	75	59	27	25	0	0	0	0	0	0	722
12.10.2018	İlk	4K	26 AAR 839	0	0	0	19	72	15	22	18	150	23	90	81	74	4	21	0	10	0	0	0	0	599
12.10.2018	İlk	4K	26 AAR 840	0	0	0	26	109	22	41	64	97	150	75	7	73	40	0	3	3	0	0	0	0	710
13.10.2018	İlk	4K	26 BL 510	0	0	0	2	10	8	19	13	22	13	15	11	38	3	23	2	9	0	0	0	0	179
13.10.2018	İlk	4K	26 BL 511	0	0	0	7	9	9	15	3	14	9	12	8	8	12	6	9	1	0	0	0	0	122
14.10.2018	İlk	4K	26 BL 509	0	0	0	2	4	34	5	4	3	18	14	20	12	7	11	0	0	0	0	0	0	134
14.10.2018	İlk	4K	26 BL 510	0	0	0	0	2	5	8	18	26	10	10	8	9	44	7	6	12	8	7	15	195	

EK-4 MODELE AİT KAYNAK KODLAR 1. SAYFA

```
<h3><p align="center">ULASIM PLANLAMA MODELİ</p></h3>
<div class="btn-group btn-group-justified">
<a href="ekle.php" class="btn btn-danger">DURAK ISLEMLERİ</a>
<a href="rapor.php" class="btn btn-danger">ARAC ISLEMLERİ </a>
<a href="tanim.php" class="btn btn-danger">YENI PLAN HESAPLA</a>
</div>
<div>
<table id="example" class="table table-striped table-bordered table-sm" cellspacing="0"
width="100%">
<thead>
<th class="th-sm">HAT</th>
<th class="th-sm">SEFER ZAMANI</th>
<th class="th-sm">MAX KISI SAYISI</th>
<th class="th-sm">ARAC KAPASITESİ</th>
</thead>
<tbody>
<?php
$get=mysql_query("SELECT sh.HAT, sh.SEFER_TARIH, sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON,
sh.ARAC_ID, sh.BINEN_KISI_SAYISI as MAX_KISI_SAYISI, a.KAPASITE as
ARAC_KAPASITESİ, a.YENI_KAPASITE as YENI_ARAC_KAPASITESİ FROM sefer_hat
AS sh LEFT JOIN arac as a ON a.ID=sh.ARAC_ID WHERE
sh.BINEN_KISI_SAYISI<(((a.KAPASITE)*70)/100) GROUP BY sh.HAT,
sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON ORDER BY sh.YON asc, sh.HAT asc, sh.SEFER_ZAMAN
ASC");
while($row = mysql_fetch_assoc($get))
{
?> <tr>
<td><?php
if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESİ'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:green;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['HAT']) ?> <strong> </td>
<td><?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESİ'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:green;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['SEFER_ZAMAN']) ?> <strong> </td>
<td><?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESİ'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:green;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['MAX_KISI_SAYISI']) ?> <strong> </td>
<td><?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESİ'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:green;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['ARAC_KAPASITESİ']) ?> <strong> </td>
</tr><?php } ?>
</tbody>
</table></div>
<div>
<table id="example" class="table table-striped table-bordered table-sm" cellspacing="0"
width="100%">
<thead>
<th class="th-sm">HAT</th>
<th class="th-sm">SEFER ZAMANI</th>
<th class="th-sm">MAX KISI SAYISI</th>
<th class="th-sm">ARAC KAPASITESİ</th>
</thead>
<tbody>
```


EK-5 MODELE AİT KAYNAK KODLAR 2. SAYFA

```
<?php
$get=mysql_query("SELECT sh.HAT, sh.SEFER_TARİH, sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON,
sh.ARAC_ID, sh.BINEN_KISI_SAYISI as MAX_KISI_SAYISI, a.KAPASITE as
ARAC_KAPASITESI, YENI_KAPASITE as YENI_ARAC_KAPASITESI FROM sefer_hat
AS sh LEFT JOIN arac as a ON a.ID=sh.ARAC_ID WHERE
sh.BINEN_KISI_SAYISI>(((a.KAPASITE)*70)/100) GROUP BY sh.HAT,
sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON ORDER BY sh.YON asc, sh.HAT asc, sh.SEFER_ZAMAN
ASC");
while($row = mysql_fetch_assoc($get))
{ ?>
<tr><td> <?php
if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESI'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:blue;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['HAT']) ?> <strong> </td>
<td> <?php
if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESI'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:blue;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['SEFER_ZAMAN']) ?> <strong> </td>
<td> <?php
if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESI'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:blue;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['MAX_KISI_SAYISI']) ?> <strong> </td>
<td> <?php
if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((( $row['ARAC_KAPASITESI'])*70)/100) echo
'style="background-color:red;"; else echo 'style="background-color:blue;"; ?> > <strong>
<?php echo($row['ARAC_KAPASITESI']) ?> <strong> </td>
</tr>
<?php }?>
</tbody></table></div>
<div>
<table id="example" class="table table-striped table-bordered table-sm" cellspacing="0"
width="100%">
<thead>
<th class="th-sm">HAT</th>
<th class="th-sm">SEFER ZAMANI</th>
<th class="th-sm">MAX KISI SAYISI</th>
<th class="th-sm">ARAC KAPASITESI</th>
<th class="th-sm" style="width:20%">YENI KAPASITE</th>
</thead><tbody>
<?php
$get=mysql_query("SELECT sh.ID as seferId, sh.HAT, sh.SEFER_TARİH,
sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON, sh.ARAC_ID, sh.BINEN_KISI_SAYISI as
MAX_KISI_SAYISI, a.KAPASITE as ARAC_KAPASITESI, a.YENI_KAPASITE as
YENI_ARAC_KAPASITESI FROM sefer_hat AS sh LEFT JOIN arac as a ON
a.ID=sh.ARAC_ID WHERE sh.BINEN_KISI_SAYISI>(((a.KAPASITE)*70)/100) GROUP
BY sh.HAT, sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON ORDER BY sh.YON asc, sh.HAT asc,
sh.SEFER_ZAMAN ASC");
while($row = mysql_fetch_assoc($get))
{ ?>
<?php $yeniKapasite=mysql_query("Select Max(KAPASITE) FROM arac WHERE
KAPASITE<". $row['ARAC_KAPASITESI']);
$kapasite=mysql_result($yeniKapasite,0);
?>
```

EK-6 MODELE AİT KAYNAK KODLAR 3. SAYFA

```
<tr><td>
<?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kapasite)*70)/100||$kapasite==0)
echo 'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> >
<strong> <?php echo($row['HAT']) ?> <strong>
</td>
<td> <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kapasite)*70)/100||$kapasite==0)
echo 'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> >
<strong> <?php echo($row['SEFER_ZAMAN']) ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kapasite)*70)/100||$kapasite==0) echo
'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> > <strong>
<?php echo($row['MAX_KISI_SAYISI']) ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kapasite)*70)/100||$kapasite==0) echo
'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> > <strong>
<?php echo($row['ARAC_KAPASITESI']) ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kapasite)*70)/100||$kapasite==0){echo
'style="background-color:red;"; mysql_query("UPDATE sefer_hat SET YENI_KAPASITE=1
WHERE ID=".$row['seferId']);} else echo 'style="background-color:blue;";'
{mysql_query("UPDATE sefer_hat SET YENI_KAPASITE=$kapasite WHERE
ID=".$row['seferId']);} ?> > <strong> <?php echo $kapasite; ?> <strong> </td>
</tr><?php } ?>
</tbody></table></div><div>
<div>
<table id="example" class="table table-striped table-bordered table-sm" cellspacing="0"
width="100%">
<thead>
<th class="th-sm">HAT</th>
<th class="th-sm">SEFER ZAMANI</th>
<th class="th-sm">MAX KISI SAYISI</th>
<th class="th-sm">ARAC KAPASITESI</th>
<th class="th-sm" style="width:20%">YENI KAPASITE</th>
</thead><tbody>
<?php
$set=mysql_query("SELECT sh.ID as seferId, sh.HAT, sh.SEFER_TARIH,
sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON, sh.ARAC_ID, d.ISIM, sh.BINEN_KISI_SAYISI as
MAX_KISI_SAYISI, a.KAPASITE as ARAC_KAPASITESI, a.YENI_KAPASITE as
YENI_ARAC_KAPASITESI FROM sefer_hat AS sh LEFT JOIN duraklar as d ON
d.ID=sh.DURAK_ID LEFT JOIN arac as a ON a.ID=sh.ARAC_ID
WHERE sh.BINEN_KISI_SAYISI<(((sh.YENI_KAPASITE)*70)/100) OR
sh.YENI_KAPASITE = 0
GROUP BY sh.HAT, sh.SEFER_ZAMAN, d.ISIM ORDER BY sh.YON asc, sh.HAT asc,
sh.SEFER_ZAMAN ASC");
while($row = mysql_fetch_assoc($set))
{ ?>
<?php $yeniKapasite=mysql_query("Select Max(KAPASITE) FROM arac WHERE
KAPASITE<". $row['ARAC_KAPASITESI']);
$kapasite=mysql_result($yeniKapasite,0);
$yKapasite=mysql_query("Select Max(KAPASITE) FROM arac WHERE
KAPASITE<". $kapasite);
$kap=mysql_result($yKapasite,0); ?>
<tr><td>
<?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kap)*70)/100||$kap==0)
echo 'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> >
<strong> <?php echo($row['HAT']) ?> <strong>
```

EK-7 MODELE AİT KAYNAK KODLAR 4. SAYFA

```
</td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kap)*70)/100||$kap==0)
echo 'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> <strong> <?php echo($row['SEFER_ZAMAN']) ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kap)*70)/100||$kap==0) echo
'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> <strong>
<?php echo($row['MAX_KISI_SAYISI']) ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kap)*70)/100||$kap==0) echo
'style="background-color:red;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> <strong>
<?php echo $kapasite; ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kap)*70)/100||$kap==0){ echo
'style="background-color:red;";' mysql_query("UPDATE sefer_hat SET Y_KAPASITE=1
WHERE ID=". $row['seferId']);} else echo 'style="background-color:blue;";'
{mysql_query("UPDATE sefer_hat SET Y_KAPASITE=$kap WHERE ID=". $row['seferId']);}
?> <strong> <?php if($kap>=2)echo $kap; else echo '-'; ?> <strong> </td></tr>
<?php } ?> </tbody> </table> </div>
<div>
<table id="example" class="table table-striped table-bordered table-sm" cellspacing="0"
width="100%">
<thead>
<th class="th-sm">HAT</th>
<th class="th-sm">SEFER ZAMANI</th>
<th class="th-sm">MAX KISI SAYISI</th>
<th class="th-sm">BIRLESİM KISI SAYISI</th>
</thead> <tbody>
<?php
$set=mysql_query("SELECT sh.Y_KAPASITE, sh.ID as seferId, sh.HAT, sh.SEFER_TARIH,
sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON, sh.ARAC_ID, sh.BINEN_KISI_SAYISI as
MAX_KISI_SAYISI, a.KAPASITE as ARAC_KAPASITESI, sh.YENI_KAPASITE as
YENI_ARAC_KAPASITESI
FROM sefer_hat AS sh LEFT JOIN arac as a ON a.ID=sh.ARAC_ID WHERE
sh.BINEN_KISI_SAYISI<(((sh.Y_KAPASITE)*70)/100) OR sh.Y_KAPASITE < 1 OR
sh.Y_KAPASITE = 0 OR sh.YENI_KAPASITE = 0 GROUP BY sh.HAT,
sh.SEFER_ZAMAN, sh.YON ORDER BY sh.YON asc, sh.HAT asc, sh.SEFER_ZAMAN
ASC");
mysql_query("UPDATE sefer_hat SET B1=1 WHERE
BINEN_KISI_SAYISI<(((Y_KAPASITE)*70)/100) OR Y_KAPASITE < 1 OR Y_KAPASITE
= 0 OR YENI_KAPASITE = 0 AND BINEN_KISI_SAYISI<(((YENI_KAPASITE)*70)/100)
OR YENI_KAPASITE = 0");
while($row = mysql_fetch_assoc($set))
{ ?> <?php
$yeniKapasite=mysql_query("Select Max(KAPASITE) FROM arac WHERE KAPASITE <
". $row['ARAC_KAPASITESI']);
$kapasite=mysql_result($yeniKapasite,0); ?>
<tr>
<td> <strong> <?php echo($row['HAT']); echo $fark ; ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kapasite)*70)/100||$kapasite==0) echo
'style="background-color:white;";' else echo 'style="background-color:blue;";' ?> <strong>
<?php echo($row['SEFER_ZAMAN']) ?> <strong> </td>
<td <?php if ($row['MAX_KISI_SAYISI']<((($kapasite)||$kapasite==0)) ?> <strong> <?php
echo($row['MAX_KISI_SAYISI']) ?> <strong> </td>
```

EK-8 MODELE AİT KAYNAK KODLAR 5. SAYFA

```
<td> <strong> <?php if ($stoplam < (($row['ARAC_KAPASITESI'])*70)/100){ $stoplam =
$stoplam + ($row['MAX_KISI_SAYISI']); $t='***';}else { $stoplam=0; $stoplam = $stoplam +
($row['MAX_KISI_SAYISI']); $t=';'} ?> <strong> <?php echo $stoplam; echo $t; ?></td>
<?php $sayac=$sayac+1;
$skalan=$sayac%2;
if($skalan==1)mysql_query("Update sefer_hat SET B2=10 WHERE ID=$row[seferId]"); ?>
</tr> <?php }?> </tbody> </table> </div>
<div>
<table id="example" class="table table-striped table-bordered table-sm" cellpadding="0"
width="100%">
<thead>
<th class="th-sm">HAT</th>
<th class="th-sm">YENİ ARAC KAPASITESİ</th>
<th class="th-sm" style="width:20%">YENİ SEFER ZAMANI</th>
<th class="th-sm">BİRLİSİM KİSİ SAYISI</th>
</thead> <tbody>
<?php
$set=mysql_query("SELECT * from son WHERE YENİ_KAPASİTE!='");
while($row = mysql_fetch_assoc($set))
{ ?>
<tr>
<td> <strong> <?php echo($row['HAT']);?> <strong> </td>
<td> <strong> <?php echo($row['YENİ_KAPASİTE']) ?> <strong> </td>
<td> <strong> <?php echo($row['YENİSEFERZAMANI']) ?> <strong> </td>
<td> <strong> <?php echo($row['SAYI']) ?> <strong> </td>
<?php } ?> </tr> </tbody> </table> </div>
<div>
<table id="example" class="table table-striped table-bordered table-sm" cellpadding="0"
width="100%">
<thead>
<th class="th-sm">HAT</th>
<th class="th-sm">SEFER ZAMANI</th>
<th class="th-sm" style="width:20%">KİSİ SAYISI</th>
</thead> <tbody>
<?php
$set=mysql_query("SELECT * from son WHERE YENİ_KAPASİTE='");
while($row = mysql_fetch_assoc($set))
{ ?>
<tr>
<td> <strong> <?php echo($row['HAT']);?> <strong> </td>
<td> <strong> <?php echo($row['SEFER_ZAMANI']) ?> <strong> </td>
<td> <strong> <?php echo($row['KİSİ_SAYISI']) ?> <strong> </td>
<?php } ?> </tr> </tbody> </table> </div>
</form> </div>
</body>
</html>
```


ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur BAŞKAYA

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir / 1989

E-Posta : onurbaskaya@hotmail.com.tr

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2015, Bilgisayar Mühendisi, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı
- 2014, Bilgisayar Mühendisi, Alpata Teknoloji Yazılım, Yazılım
- 2014, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
- 2009, Anadolu Üniversitesi, Porsuk Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Ve Programlama

