



**ERZURUM İLİ ULAŞIM SİSTEMİNİN
SİMÜLASYONLA İNCELENMESİ**

Ertuğrul YİĞİT

**Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Doç. Dr. Vecihi YİĞİT
2019
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERZURUM İLİ ULAŞIM SİSTEMİNİN SİMÜLASYONLA
İNCELENMESİ**

Ertuğrul YİĞİT

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ERZURUM İLİ ULAŞIM SİSTEMİNİN SİMÜLASYONLA İNCELENMESİ

Doç. Dr. Vecihi YİĞİT danışmanlığında Ertuğrul YİĞİT tarafından hazırlanan bu çalışma 31/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (3./3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Vecihi YİĞİT

İmza:

Üye : Doç. Dr. Burak ERKAYMAN

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TUTAM

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 08/08/2019 tarih ve 32/63 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN Y.
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM İLİ ULAŞIM SİSTEMİNİN SİMÜLASYONLA İNCELENMESİ

Ertuğrul YİĞİT

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Vecihi YİĞİT

Şehir nüfuslarının son yıllarda artması ulaşım hizmetini sağlayan belediyeler açısından üzerinde düşünülmesi gereken önemli problemlerden biri haline gelmiştir. Belediyecilik hizmeti açısından özellikle büyükşehirlerde şehir içi ulaşımı sağlayan toplu taşıma araçlarının hat sayısı, kapasitesi ve doluluk oranları bilimsel olarak takip edilip değerlendirilmesi gereken bir durum haline gelmiştir. Bu çalışmada, Erzurum ilinde toplu ulaşımı sağlayan belediye otobüslerinin ve özel halk otobüslerinin mevcut durumu incelenmiştir. Bu incelemede hat sayısı, kapasite, araç doluluk oranları ve yolcu bekleme süreleri gibi bazı performans kriterleri dikkate alınarak mevcut sistemin ARENA programında simülasyonu yapılmıştır. ARENA programından alınan raporlarla bu performans kriterleri incelenip ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir. Maliyetinde dikkate alındığı mevcut modelin belirlenen parametrelerinde iyileşme sağlayacak alternatif bir senaryo önerilmiştir.

2019, 114 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ulaşım, Ulaşım Sistemleri, Simülasyon, ARENA

ABSTRACT

Master Thesis

SIMULATION ANALYSIS OF THE TRANSPORTATION SYSTEM IN ERZURUM

Ertuğrul YİĞİT

Atatürk University
College of Engineering
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Vecihi YİĞİT

The increase of population in cities in recent years has become one of the most important problems to be considered for municipalities providing transportation services. In terms of municipal services, the number of lines, capacity and occupancy rates of public transportation vehicles providing transportation within the cities, has become a problem that should be scientifically monitored and evaluated.

In this study, the current situation of municipal buses and public buses providing public transportation in Erzurum is examined. Therefore, some performance criteria such as number of lines, capacity, vehicle occupancy rates and passenger waiting times are taken into consideration and the current system is simulated in ARENA program. As a result of the reports received from the ARENA program, the number of lines, passenger waiting times and vehicle occupancy rates are analyzed in detail. An alternative scenario is proposed to improve the determined parameters of the current model by considering the cost of the system.

2019, 114 pages

Keywords: Transportation, Transportation Systems, Simulation, ARENA

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince ve tez çalışmamda her türlü konuda destek olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Vecihi YİĞİT'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamda her türlü konuda desteği veren Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Dr. Mahmut TUTAM'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitim süresince bana destek veren Erzurum Büyükşehir Belediyesi personellerinden ihaleler şube müdürü Fuat BAYANKA'ya ve oda arkadaşım ziraat mühendisi Mustafa ÇETİN'e teşekkür ederim.

Ertuğrul YİĞİT

Temmuz, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.2. Literatür Taraması	4
2. KURAMSAL TEMELLER.....	17
2.1. Ulaşım	17
2.1.1. Toplu ulaşım sistemleri	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	23
3.1. Sistem Yaklaşımı.....	23
3.1.1. Bütünsel yaklaşım	24
3.1.2. Disiplinler arası yaklaşım	24
3.1.3. Bilimsel yaklaşım	25
3.2. Sistem Analizi	25
3.3. Simülasyon	28
3.3.1. Simülasyon temel amaçları	28
3.3.2. Neden simülasyon?.....	28
3.4. Veri Analizi	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	31
4.1. Sistem Girdisi, Amacı, Hedefi, Öğesi, Parametresi, Performans Kriteri ve Çıktısı	31
4.2. Mevcut Durum	32
4.2.1. Duraklar ve programda kullanılan kodlar	34
4.2.2. Hatlar ve güzergâhları	37
4.2.3. Hatlara göre duraklar arası geçen süreler ile inen yolcu sayıları	38

4.2.4. Durak ağırlık katsayıları	38
4.2.5. Mart ayı yolcu sayıları.....	42
4.2.6. Mevcut durumun arena programında simülasyonu	43
4.2.6.a. Duraklar için kullanılan modüller.....	46
4.2.6.b. Hatlar için kullanılan modüller.....	48
4.3. Mevcut Durum Değerlendirme	51
4.4. Alternatif Model	53
4.4.1. Alternatif model çıktısı ve raporlar	55
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR	62
EKLER.....	64
EK 1.	64
EK 2.....	65
EK 3.	66
EK 4.	67
EK 5.....	68
EK 6.....	69
EK 7.	70
EK 8.	77
EK 9.	80
EK 10.	81
EK 11.	82
EK 12.	83
EK 13.	84
EK 14.	93
EK 15.....	94
EK 16.....	95
EK 17.	98
EK 18.	101
EK 19.	103
EK 20.	105
EK 21.	107

EK 22.	109
EK 23.....	110
EK 24.	111
EK 25.	113
ÖZGEÇMİŞ	115



KISALTMALAR DİZİNİ

B	Batı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CNG	Compressed Natural Gas
D	Doğu
DRST	Dominance-Based Rough Sets Theory
EBB	Erzurum Büyükşehir Belediyesi
G	Güney
K	Kuzey
SBO	Simulation-Based Optimization
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bazı metropollerde raylı sistem kullanımı.....	21
Şekil 2.2. Bazı metropollerde raylı sistem uzunluğu (km)	21
Şekil 3.1. Sistemin en temel hali.....	27
Şekil 3.2. Geri beslemeli sistem	27
Şekil 3.3. Detaylı sistem gösterimi	27
Şekil 4.1. B2 hattı güzergâhı.....	33
Şekil 4.2. G3 hattı güzergâhı.....	33
Şekil 4.3. Arena programının genel görünüşü	43
Şekil 4.4. B8 hattı animasyon görünümü.....	44
Şekil 4.5. Sistemin akış şeması	45
Şekil 4.6. Programda duraklar için kullanılan modüller	46
Şekil 4.7. Duraklarda kullanılan modül içerikleri.....	47
Şekil 4.8. Programda hatlar için kullanılan modüller	48
Şekil 4.9. Hatlarda kullanılan modül içerikleri.....	49
Şekil 4.10. Alternatif model K5 hattı.....	54
Şekil 4.11. Alternatif model G1 hattı.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Ulaşım ile ilgili yapılan bazı çalışmalar	14
Çizelge 3.1. Bazı parametrik istatistiksel yöntemler(Anonim 2019c).....	29
Çizelge 4.1. Duraklar ve programda karşılık gelen kodları	34
Çizelge 4.2. Durak ağırlık katsayı hesaplama yöntemi.....	39
Çizelge 4.3. Duraklar için kullanılan ağırlık katsayıları	40
Çizelge 4.4. Aylık ortalama yolcu sayısı	42
Çizelge 4.5. Araç doluluk oranları	52
Çizelge 4.6. Hat eşleştirme	53
Çizelge 4.7. Alternatif model eşleşme sonucu değişen araç doluluk oranları	53
Çizelge 4.8. B6 hattı için kıyaslama	55
Çizelge 4.9. B8 hattı için kıyaslama	56
Çizelge 4.10. G1 hattı için kıyaslama	56
Çizelge 4.11. Bekleme süresi için mevcut ve alternatif model z testi sonuçları.....	57
Çizelge 4.12. Bekleyen sayısı için mevcut ve alternatif model z testi sonuçları	57
Çizelge 4.13. Araç doluluk oranları için mevcut ve alternatif model z testi sonuçları	58
Çizelge 4.14. Alternatif modelin performans kriterlerinde sağladığı değişim.....	59

1. GİRİŞ

Genel olarak insanın üretmiş olduğu mal ve hizmetlerin, bilginin ve sermayenin bir yerden başka bir yere aktarılmasını ifade eden ulaşımın, geçmişten günümüze artan ve sürekli değişen sosyal ve ekonomik faktörlerin etkisi ile şekli, hacmi ve kapsamı da oldukça genişlemiştir (Sandal 2009). Ulaşım insanlık tarihinin tüm evrelerinde gerekli önemi görmüş ve üzerinde çalışılan bir alan olmuştur. Dünyanın farklı noktalarında farklı medeniyetlerin kurulmasında önemli etkiye sahiptir. İnsanlık tarihi boyunca kullanılan araçlar sürekli gelişime uğramış ve değişmiştir. M.Ö. 3500 yıllarda atın evcilleştirilmesi ulaşımında o dönemki medeniyetlere olumlu gelişim ve savaş gücü sağlamıştır. İnsanlık tarihinin önemli buluşlarından biri olan tekerleğin icadı ulaşımın bugün ki haline gelmesinde en önemli etkenlerden biridir ve ulaşımın temeli sayılabilir. Atın evcilleştirilmesi ve tekerleğin icadı sonrasında ise atlı arabaların ortaya çıkması ulaşımında ve savaşlarda medeniyetlerin birbirlerine üstünlük kurma ve tarihin akışını değiştirme konusunda en önemli gelişmelerden biri olmuştur. İnsanlık tarihinde buna benzer birçok icat medeniyetlerin yaşam tarzları ve yerleşim düzenlerinde değişikliğe sebep olmuştur.

Ulaşımındaki bu değişim sürecine de bağlı olarak insanlar zamanla göçebe hayatından yerleşik düzene geçmeye başlamıştır. Bununla beraber toplu yerlerde yerleşik düzende yaşamaya başlayan toplumlarda su hat kanalları yapılması buna bağlı tarımın gelişmesi gibi durumlar yerleşik düzenin kalıcı olmasını sağlamıştır. Yerleşik düzende yaşamaya başlayan toplumlarda bir birini tetikleyen olaylar ve bunun sonunda toplumun gelişmesi ve iyiden iye yerleşik düzene alışması sonucunda birlikte yaşamayı alışması bugün ki toplu yaşayan büyükşehir ve ülkelerin temellerini oluşturmuştur.

Ulaşımın insanlık tarihindeki etkisi hiç kuşku yok ki büyük önem taşımaktadır. Bugün bir arada yaşayan toplumların temeli oluşurken ulaşımın etkisi olduğu gibi şimdide kalabalık şehirlerin ulaşım üzerinde etkisi olmuştur.

Ulaşım faaliyetleri ve şehir yerleşmeleri arasındaki ilişkiler çeşitli ve de önemlidir (Tümertekin 1987). Şehirlerin kuruluşu ve gelişmesi hakkında birçok teori ve yaklaşım vardır. Bunlardan biri de ulaşım (Aliagaoglu 2010).Günümüzde şehir merkezlerinin yapılan bazı yanlış politikalar sonucunda köyden kente göç kontrolsüz bir şekilde artmış bu yüzden şehir merkezlerindeki ulaşım olumsuz etkilemiştir. Nüfus artışına bağlı olarak şehir merkezlerinde ulaşım planlanması zor bir durum haline gelmiştir. Bu problemin çözümü için hem çevre kirliliği hem de trafik sıkışıklığı düşünülerek günümüzde insanların ulaşımı için toplu taşıma araçlarının kullanımını yaygınlaştırma çalışmaları yapılmaktadır. Toplu taşımanın kullanılmasının insanlar için ve ülke için birçok faydası vardır. Toplu taşıma kullanımı trafiğe, yakıt tasarrufuna, insan sağlığına, çevreye ve ekonomik kalkınmaya katkı sağlar.

Toplu taşımayı yaygınlaştırma alanında çalışmalar neticesinde toplu taşımayı kullanım yüzdesi her geçen sene daha da artmıştır. Toplu taşıma araçlarının son yıllarda çeşitlilik göstermesiyle insanlar arasında daha çok tercih edilir ve kullanılır hale gelmiştir. Bu durum trafikteki araç sayısını ve çevre kirliliğini azaltmış olmasının yanında toplu taşımaya olan talebin artması durumu ise toplu taşıma planlamasını ve talebin karşılanmasını zorlaştırmıştır. Toplu taşıma problemleri, nüfusun şehir merkezlerinde yoğunlaşması, kısıtlı kaynak, karmaşık yol ağları, kısıtlı zaman, trafik sıkışıklığı ve birçok farklı parametreden oluşan karışık bir durum oluşturduğundan çözümü için matematiksel model önerilememiştir. Toplu taşıma planlamasının bölge ve ülke ekonomisine önemli katma değer sağlayacağı düşüncesi bu konu üzerinde bilimsel olarak çalışılması gereken bir alan olarak seçilmesinde etkili olmuştur.

Toplu taşıma problemleri birçok değişken ve parametre içermesi kısıtlı kaynağa sahip olması ve matematiksel model önerilemediğinden optimum planlamaya yaklaşmak üzerinde maliyet ve zaman bakımından ucuz ve kısa sürede değişiklik imkânı vermesi için bu çalışma da benzetim tekniğinden yararlanılmıştır.

Çalışmamızda Erzurum ilinin toplu taşımasının mevcut durumunu sistem yaklaşımı ve sistem analizi yöntemleri bakış açısıyla incelenerek mevcut durumun fotoğrafı

ıkarılmıştır. Belirlenen mevcut durumda gözlemlenen problemlerin zm adına dikkate alınan performans kriterlerinde iyileşme sağlayacak alternatif bir senaryo önerilmiştir.

Bu alışma 5 bölümden oluşmaktadır;

1- Giriş: Bu bölümde ulaşımın tanımından, tarihi gelişiminden, toplumlari etkilemesinden, nüfus artışına bağlı ulaşımın zorlaştığından, toplu taşıma problemlerinin zorluğundan, tez konusunun seçim sebeplerinden, amaçlarından, kapsamından ve literatürden bahsedilmiştir.

2- Kuramsal Temeller: Bu bölümde ulaşım, ulaşım sistemleri ve toplu ulaşım sistemlerinden bahsedilmiştir.

3- Materyal ve Yöntem: Bu bölümde sistem yaklaşımından, sistem analizinden ve benzetimden bahsedilmiştir.

4- Araştırma Bulguları: Bu bölümde sistemin amacından, sistemin hedefinden, performans kriterlerinden, parametrelerinden, mevcut verilerden, sistemin modelinden, alternatif model ve program raporlarından bahsedilmiştir.

5- Sonuç ve neriler: Bu bölümde mevcut model ve alternatif model kıyaslaması yapılmış ve sistem hakkında önerilerden bahsedilmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

şehirlerde artan nüfus ve buna bağlı olarak taşıt sayısındaki artış neticesinde oluşan, trafik artışı ve planlanmamış toplu ulaşımın sonucunda oluşan memnuniyetsiz yolcular ve israf edilen kamu kaynakları durumları ortaya çıkması kaçınılmaz bir durumdur. Bu durum teze konu olan Erzurum ili içinde geçerli bir problem olduğundan zm nerisi getirebilme adına toplu taşıma konusu incelenmiştir. Erzurum ilinde şehir içi ve merkez ilçelerde ulaşımdan sorumlu olan büyükşehir belediyesi incelenerek mevcut durum ortaya çıkarılmış ve mevcut durumda gözlemlenen problemler belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada sistem yaklaşımı kullanılarak EBB Toplu Taşıma Sisteminin analizi ve planlaması yapılmaya çalışılmıştır. Sistem analizi yardımıyla Erzurum

Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde şehir merkezi ve merkez ilçelere hizmet veren toplu taşıma araçlarından belediye ve özel halk otobüslerinin mevcut durum değerlendirmesi yapılarak sistemin amacı, hedefleri, öğeleri, parametreleri ve değişkenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sistem yaklaşımı kullanılarak öğeler arası etkileşimler alt sistemler belirlenmiş ve mevcut durumun fotoğrafı ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Mevcut durum için performans değerlendirmesi için kullanılmak üzere belirlenen hat sayısı, araç doluluk oranı ve bekleme süresi gibi performans kriterleri dikkate alınarak mevcut durum benzetim tekniği yardımıyla modellenmeye çalışılmıştır. Modellemesi yapılan sistem ARENA programında çalıştırılıp sonuçları sistem analizi ile belirlenen parametreler gözetilerek mevcut sistemde problemler belirlenmiştir. Sistemdeki problemlerin çözümü için belirlenen kriterlerde iyileşme sağlayacak alternatif bir model önerisi yapılmıştır. Ulaşımı sağlayan tüm araçların günlük maliyeti hesaplanarak mevcut durum ve alternatif senaryo için farklı bir kıyas parametresi oluşturulmuş ayrıca yeni alternatif senaryolar için ön bilgi olması amaçlanmıştır. Çalışmamızda Erzurum ilindeki ulaşımın durumu çıkarılarak araç doluluk oranları, yolcu bekleme süreleri ve günlük ulaşım maliyeti bilgileri ışığında bu performans kriterlerinde iyileşme sağlayacak yeni bir senaryo üretilmiştir. Mevcut model ve alternatif model bu kriterler ışığında kıyaslanmış ayrıca başka yeni senaryolar için bu kriterlerin alt yapı oluşturması ve bakış açısı kazandırılması amaçlanmıştır.

1.2. Literatür Taraması

Özdemir vd (2004) çalışmalarında kentsel ulaşım sorunları ve çözümleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırmalarında kentsel ulaşım sorunların neler olduğu ve bu sorunlar üzerine etki eden bölgesel faktörler, kentleşme olgusu, kentsel arazi kullanımı, park yeri, sinyalizasyon, yol ve toplu taşıma sorunu gibi faktörleri açıklayıp Balıkesir ilindeki ulaşım türlerini belirleyip bu ulaşım türleri hakkında bilgi vermişlerdir. Benzer şekilde, bu çalışmada Erzurum ilinin toplu taşıma problemleri belirlenmiştir. Ayrıca, onların çalışmasından farklı olarak, bu çalışma Erzurum ilindeki toplu taşımada bazı performans kriterleri kullanılarak değerlendirilmiş ve bu performans kriterlerinde iyileşme sağlayacak alternatif senaryo önerilmiştir.

Yılmaz (2005) çalışmasında hat planlaması problemlerinden bahsederek yeni bir model önerisinde bulunmuştur. Mevcut sistemde bazı hat problemleri belirlemiştir. Otobüslerin ulaşım sürelerinin ve hat uzunluğunun fazlalığı, yolcuların durakta bekleme sürelerinin yüksekliği, duraklarda ortaya çıkan yolcu birikimleri, yolcu indirmek için duraklara yanaşan otobüslerin oluşturdukları kuyruklar ve çok fazla hatlı otobüsün heterojen olarak trafiğe çıkışları sonucu özellikle merkezlere yakın ana arterlerde trafik yoğunluğunun artması gibi problemleri belirlemiştir. Belirlenen problemleri azaltmak için model amacını toplam ulaşım sürelerinin minimize edildiği, otobüs doluluk oranlarının birbirine yakın olduğu, planlaması ve kontrolü daha kolay, hizmet kalitesi yüksek ve buna karşın taşıma maliyetleri daha düşük bir sistem tasarlamaya çalışmıştır. Yeni hat planlamalarında iki farklı senaryo sunmuştur. Senaryo 1 de mevcut durumdaki tüm hatlara ilişkin ana duraklar şehir merkezindeki ana duraklardan alınarak şehir merkezlerine ve ana arterlere yakın belirledikleri aktarma duraklarına almışlardır. Böylelikle çok değişik bölgelere giden farklı tabelalara ait otobüslerin şehir merkezlerine girişlerini engellemişlerdir. Değişik bölgelerden aktarma duraklarına gelen yolcular ise şehir merkezine gitmek için belirledikleri çok sık şekilde hareket eden tek bir hatta ait otobüsle şehir merkezine taşımışlardır. Senaryo 1'den bekledikleri avantajlar şöyle sıralanabilir: şehir merkezlerindeki yolcu ve otobüs yoğunluğunun azalması, otobüs doluluk oranlarının birbirine yakın olması, planlama ve kontrol kolaylığı, bütünsel bir toplu taşıma sistemine entegrasyonu kolaylaştırmak, normal trafiğin yükünü azaltmak, otobüslerin etkin kullanımı ile maliyet avantajı sağlamak ve hizmet kalitesini artırmak son olarak şehir merkezlerindeki büyük ve hantal ana durak yapısını daha küçük ve esnek hale getirmek. Senaryo 2'de 1. Senaryodan farklı olarak aktarma durağı ile şehir merkezi arasında hareket etmek üzere belirlenen tek hattı üçe bölünerek hatlara ait tabelaları üç farklı renk ile tanımlamıştır. Ana durak- aktarma durağı arasında kalan otobüs duraklarını da sırası ile aynı renklere göre belirlemiştir. 1. Senaryoya ek olarak toplam sürelerde azalacağını, duraklardaki bekleme süresinin minimize edileceğini ve küçük oranda da olsa yakıt tasarrufu olacağını söylemiştir. Belirledikleri senaryolar simülasyon tekniği ile kent içi otobüs taşımacılığında performans değerlendirmesi yapmıştır. Mevcut durum ve alternatif durum Crystal Ball programı kullanılarak kıyaslamıştır. Benzer şekilde bu çalışmada Erzurum ilindeki toplu taşıma sistemi simüle edilerek mevcut durum ortaya çıkarılmış ve sistemi

değerlendirmek için performans kriterleri belirlenmiştir. Yılmaz (2005) çalışmasında hat planlaması üzerinde dururken, bu çalışmada farklı olarak hatlar arasında araç geçiş planlaması yapılarak performans kriterlerinde iyileşme sağlanmıştır.

Brueckner and Selod (2006) çalışmalarında önemli kentsel kamu politikası kararlarında yer alan güçlüklerin anlaşılmasını sağlamak amacıyla ulaşırma sistemi seçiminin politik ekonomisini analiz etmişlerdir. Kentsel ulaşırma sistemi seçiminin ekonomik politiğı üzerinde durmuşlardır. Kentsel kamu politikası kapsamında matematiksel model kurarak homojen ve heterojen şehirler için ulaşırma sistemi mukayesesi yapmışlardır. Ulaşırma maliyetleri, mevcut modelde ulaşırma sisteminin doğası ile ilgili önceki bir politika kararının sonucu olmak yerine dışsal olarak görülmüştür. Sonuç olarak ulaşırma yatırım modellerinin bu kabulü kullanarak değerlendirilmesinin zor olduğunu söylemişlerdir. Bu sorunun giderilmesi için basit bir kentsel genel denge çerçevesi bağlamında gerçekleştirilen seçim ile ulaşırma sisteminin içsel olarak seçildiğı bir model önerilmiş ve analiz edilmiştir. Analizin amacı, sosyal açıdan en uygun ulaşırma sistemini halk seçim süreci altında seçilen sistemle karşılaştırmaktır. Bir diğier amaç ise toprak sahibi olma düzenlemelerinin ulaşırma sisteminin seçimini nasıl etkilediğini araştırmak olduğunu söylemişlerdir. Önerilen modelde nakliye maliyeti iki bileşen olan para ve zaman maliyetinden oluşmuştur. Analiz sonucunda kentin homojen olması durumunda seçilen ulaşırma sisteminin toprak sahibi düzenlemelerine bakılmaksızın toplumsal olarak optimal olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte bu eşdeğerlik beceri heterojen şehirlerde kaybolduğundan bahsetmişlerdir. Mevcut sistemin incelenmesi ve sistem çıktısı olan ulaşırma maliyeti üzerinde durulması çalışmamla benzer taraflardır. Onların çalışmalarından farklı olarak ise simülasyon tekniğinin kullanılması, Arena programının kullanılması ve sistem kriterleri belirlenmiş olmasıdır.

Fernandez *et al.* (2008) çalışmalarında Şili'nin Santiago şehrindeki toplu taşıma sistemini incelemiştir. Mevcut sistemde 4 farklı kolda metro ve uzun güzergâhlara sahip otobüslerle ulaşırma hizmeti ile sağlandığından bahsedilmiştir. Toplu taşıma ağı sorunu iki seviyeli bir programlama problemi olarak formüle edilmiştir. Birinci seviye olarak toplu taşıma güzergâhları ağıının topolojik tasarımı, ikinci olarak tanımlanan güzergâhlar

için optimum frekans ve kapasitelerinin belirlenmesi olarak iki bölümde incelemişlerdir. Transit sistemlerin fiziksel ve operasyonel tasarımı için bir metodoloji sunmuşlardır. Çözüm için sunulan metodoloji üç ana hizmet kategorisinden oluşmuştur. Bunlar birinci olarak sistemin çekirdeği olarak çalışan metro, ikinci olarak ana hat hizmetleri adı verilen metro koridorlarını tamamlayan yüksek kapasiteli otobüsler tarafından işletilen bir dizi koridor ve son olarak düşük kapasiteli otobüsler tarafından işletilen ve bazı ana koridorların etki alanına hizmet eden çeşitli besleyici servis setleridir. Uyguladıkları metodoloji ile her iki kategorideki hizmetlerin güzergâhlarının tanımlanmasına, her bir tanımlanmış programın sıklığına ve her durumda kullanılan araçların kapasitesine olanak sağlamışlardır. Matematiksel model, toplu taşıma ağ tasarım problemini iki seviyeli programlama yöntemiyle modelize etmiştir. Birinci kısım fiziksel tasarımıdır. Bu kısımda toplu taşıma güzergâhları ağının fiziksel tasarımının yüksek karmaşıklığa sahip bir birleşimsel problem olmasından kaynaklı çözüm alanın analitik olarak analiz edilmesi zor olduğu söylenmiş çözüm için sezgisel yöntemden yararlanmışlardır. Modelin diğer kısmı ise operasyonel tasarımıdır. Bu kısım da ise belirli bir güzergâh seti için en uygun frekansların ve araç kapasitelerinin hangileri olduğunu belirlemişlerdir. Santiago şehrinin geçiş sistemi analiz edilmiş ve faaliyetlerini tamamlayan ve koordineli çalışan entegre ücret planı kullanan özelleşmiş bir hizmet hiyerarşisine dayanan yeni bir sistem önermişlerdir. Önerilen metodoloji özel yazılım paketi kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Önerilen sistem daha yüksek standart otobüs kullanmasına rağmen mevcut sisteme göre işletme maliyetlerinde azalmanın olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut sistemin incelik durum analizi yapılarak sistemin problemlerinin belirlenmiş olması çalışmamla benzer tarafları oluşturmaktadır. Ayrıca, bu çalışmada farklı olarak hat doluluk oranları ve yolcu bekleme sürelerinde iyileşme sağlayan model önerilmiştir.

Damart and Roy (2009) çalışmalarında toplu taşıma kararlarında maliyet-fayda analizini kullanmışlardır. Maliyet- fayda analizini kamu yatırım seçimlerinin potansiyel sosyoekonomik etkisini değerlendirmek ve özellikle ulaştırma altyapısıyla ilgili karar vermede kullanmışlardır. Çalışmalarında dikkat ettikleri bazı çevresel etkenler hava kirliliği ve gürültü kirliliği önem arz etmiştir. Maliyet fayda analizinin tarihçesinden

Fransa’da nasıl uygulandığından bahsetmişlerdir. Çalışmalarında ulaştırma altyapısı karar verme sürecinde iki önemli unsur ön plana çıkmıştır. Birincisi kamu kaynak rasyonalizasyonu ikincisi seçimlerin paydaş kabulüdür. Ortaya çıkan bu iki unsurun uyumsuz olmadığı ve sosyoekonomik değerlendirme araçlarının yeniden gözden geçirilerek ve ekonomik değerlendirmenin nasıl yapıldığı değiştirilerek iki unsorda istenilen düzeyde karşılanmış olacağından bahsetmişlerdir. Sistemin çevresinin ve ulaşım maliyetinin belirlenmesi durumları çalışmaların ortak noktası olmuştur. Onların çalışmasından farklı olarak bu çalışmada yolcu bekleme süreleri ve de doluluk oranları gibi performans kriterleri dikkate alınarak sistemdeki problemler belirlenerek sistem değerlendirmesi yapılmıştır.

Lin (2010) çalışmasında stokastik taşıma sistemlerinin performans değerlendirmesinde yeni bir algoritma önermiştir. Ulaştırma sistemlerini modellemek için ağırlıklı kapasite tahsisi ile çok ürünlü stokastik akış ağı inşa etmiştir. Asıl amaç ulaşım sisteminin kalite seviyesini ölçmek olduğunu söylemişlerdir. Önerdiği algoritmada performans indeksi olarak sistem kapasitesinin üst sınırının bütçe kısıtlamasına tabi olan talep vektörüne eşit olması olasılığını önermiştir. Algoritmalarında dikkate aldığı bazı kısıtlar zaman ve depolama karmaşıklığı ayrıca maliyet, kapasite ve olasılıkta algoritmada dikkate alınmıştır. Algoritma imalat fabrikaları arasında bir ulaştırma örneğine uygulanmıştır. Şanghai, Tokyo, Hong Kong ve Taipei şehirlerinde bulunan imalat fabrikaların gemilerle ürün transfer akış ağı için uygulanmış ve ulaşım ağının kalite seviyesi ölçülmüştür. Yaptıkları çalışmada gelecek çalışmalar için belirledikleri sistem kapasitesi ve maliyet olasılık dağılımı arasındaki ilişkinin incelenmesini önermişlerdir. Ulaşım maliyeti dikkate alınarak ulaşım sistemi performans kriterleri mukayese edilişi çalışmaların ortak noktasını oluşturmaktadır. Çalışmaların farklı yönü ise bu çalışmada sistem analizi ve sistem yaklaşımı yöntemlerinden yararlanarak sistemin analizi yapılarak problemler belirlenmiştir.

Awasthi *et al.* (2011) çalışmalarında ulaştırma karar vericilerine sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin nasıl değerlendirilip seçileceği konusunda belirsizlik altında karar süreci için çok kriterli bir karar verme yaklaşımı sunmuşlardır. Önerilen yaklaşım üç aşamadan

oluşmaktadır. Birinci aşamada ulaşım değerlendirme için kriterlerin belirlenmesi yapılmıştır. Bu aşamada 24 farklı kriter belirlenmiştir. İkinci aşamada uzmanlar tarafından belirlenen kriterler için dilsel derecelendirme yapılmıştır. Bulanık TOPSIS sürdürülebilirlik değerlendirmesi ve en iyi alternatifin seçilebilmesi için toplam puanları oluşturmak için kullanılmıştır. Üçüncü aşamada ise karar verme sürecinde kriter ağırlıklarının etkisini belirlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Önerilen yaklaşımın gücü pratik uygulanabilir ve belirsizlik altında kaliteli çözümler üretme kabiliyetidir. Ulaşım değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi bakımından çalışmamla benzerlik göstermektedir. Onların çalışmalarından farklı olarak sistem problemlerinin bulunup az maliyetle alternatif senaryolar üretebilme adına simülasyon yöntemi kullanılmıştır.

Hatipoğlu ve Öztürk (2012) çalışmalarında dünyada birçok başarılı uygulaması bulunan yolculuk talep yönetimi stratejileri yardımıyla, trafik yükünün azaltılmasını bir örnek uygulamayla hesaplanmış ve bu yönde yapılması gerekenler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Türkiye’de henüz sistemli uygulamaları bulunmayan araç paylaşımı ve tele çalışma stratejilerinin özel araç yolculukları üzerine etkileri irdelenmiştir. Çalışmalarında yolculuk talep yöntemi stratejilerinin Milli Eğitim Bakanlığı Hizmet Binasında çalışanların iş yolculuklarına etkisi incelenmiştir. Yapılan alan çalışmasının amacı; mesai başlangıç ve bitiş saatleri belli olan ve ofis çalışanlarının yoğunlukta bulunduğu bir kurumda, pik saatlerdeki özel araç yolculuğunu azaltmak maksadıyla yolculuk talep yönetimi stratejileri geliştirmektir. Bu çalışmada yolculuk talep yönetimi stratejilerinden, toplu taşıma desteği, araç paylaşma desteği ve tele çalışma kullanılarak, bunların seviyesi ve yolculuk azalma yüzdeleri hesaplanmıştır. Benzer şekilde, ulaşım sisteminin problemleri belirlenmiştir. Çalışmalarında trafik yoğunluğunu azaltmak için talep yöntemleri üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada ise toplu taşıma sistemi sistem analizi yöntemiyle incelenip simülasyon tekniği kullanılarak yeni model önerilmiştir.

Sawicki and Zak (2013), çalışmalarında bir ulaştırma sisteminin orijinal bir değerlendirme prosedürünü sunmuşlardır. Bu işlem yapılırken kabul edilen sistemin genel standardını ve ulaştırma hizmetinin seviyesini temsil eden önceden tanımlanmış bir sınıfa atanmasına yol açmıştır. Yöntem, Hâkimiyet Temelli Kaba Küme Teorisinin

uygulanmasına dayanır. Yöntem kapsamlı bir veri araştırmasına, dikkate alınan özelliklerin bilgi içeriğinin değerlendirilmesine ve değerlendirme sürecini destekleyen belirli karar kurallarının oluşturulmasına izin vermiştir. Önerilen yöntem üç aşamadan oluşmaktadır: ilk olarak en önemli özelliklerin belirlenmesi, ikinci aşamada değerlendirme modelinin oluşturulması, son olarak ulaştırma sisteminin uygun sınıfa devredilmesi. Değerlendirme sürecinde, bir ulaşım sisteminin, ulaşım araçlarının, insan kaynaklarının, bilgi kaynaklarının, ulaşım altyapısının ve teknik ekipmanın ve organizasyonel kuralların da dâhil olduğu beş ana bileşeni dikkate alınmaktadır. Önerilen yöntem, herhangi bir nakil sisteminin önceden tanımlanmış sınıflardan birine sınıflandırılmasını ve müşteri memnuniyeti derecesine karşılık gelen global değerlendirme endeksini hesaplamayı sağlar. Bu endeks, taşımacılık hizmetini sağlayan ulaşım sisteminin her bir parçası ve tüm bileşenleri tarafından müşteri gereksinimlerinin karşılanma düzeyini ölçmektedir. Önerilen yöntem deneysel olarak doğrulanmıştır ve bir karayolu yük taşımacılığı sisteminin değerlendirilmesine uygulanması gösterilmiştir. Yöntem evrensel bir karaktere sahiptir ve uygulama alanı yaygındır. Farklı yollarla (karayolu, demiryolu, hava ve su) çalışan ve hem yolcuların hem de yük taşımacılığı hizmetlerinin sunulduğu farklı ulaşım sistemlerini değerlendirmek için kullanılabileceğinden bahsetmişlerdir. Çalışmaların ortak noktası sistemin analizi yapılarak sistemin öğeleri, girdileri, çıktıları, parametreleri ve performans kriterleri belirlenmiş olmasıdır. Farklı olarak bu çalışmada sistemin değerlendirilmesi adına sistem kriterleri belirlenmiş ve Arena programı kullanılmıştır.

Song *et al.* (2013) çalışmasında Simülasyon Tabanlı Optimizasyon metodu kullanarak sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. SBO, ulaşım planlaması ve operasyon stratejilerinin optimal bir kombinasyonunu aramak için dahil edildiğinden bahsetmişlerdir. Çok biçimli seyahatlerin genel maliyetlerini en aza indirmek için özel otomobiller, otobüs ve tren ücretleri için tıkanıklık fiyatlandırması yapılmıştır. Önerilen yöntem Tianjin Eco City şehrinde uygulanmıştır. Amaç yeşil ulaşımın minimum mod payına tabi olan çok biçimli seyahat maliyetlerinin azaltılmasıdır. Modelin çözümü için genetik algorithmadan yararlanılmıştır. SBO yöntemi için VISUM programı kullanılmıştır. SBO metodu ile çok biçimli taşımacılık

simülasyonu ile optimal kombine stratejileri bulmaya yönelik bir yaklaşım sunmuşlardır. Uygulama örneğinde lokal bir bölge seçilmiş simülasyon bazlı optimizasyon yöntemi kullanarak seçilen lokal bölgenin modelini çıkarmışlardır. Belirledikleri modelde amaç fonksiyonu toplam maliyeti minimize etmek, kısıt ise özel araç yolculuğu hariç diğer tüm yolculuk oranlarının toplamının özel araç yolculuğu da eklenerek oluşan yeni toplam oranı %75'den büyük olması olarak belirlemişlerdir. Karar değişkeni olarak otobüs ücreti, tren ücreti ve özel araç için tıkanıklık geçiş ücreti olmak üzere üç adet karar değişkeni belirlemişlerdir. Parametre olarak ise yolcuların geçirdikleri zaman, toplu taşıma maliyet oranı ve birim kilometre yükü olarak belirlemişlerdir. Simülasyon tabanlı optimizasyon yöntemi kullanarak modelledikleri modeli genetik algoritma yöntemi ile çözmüşlerdir. Belirledikleri karar değişkenleri otobüs ücreti, tren ücreti ve özel araçlar için tıkanıklık geçiş ücreti sırasıyla 0.2,3.66,2 \$ olarak bulmuşlardır. Ayrıca farklı ulaşım yüzdeleri için koydukları kısıt sonucu kullanım oranları otobüs yolculuğu %37, özel araç yolculuğu %25, tren yolculuğu %26, bisiklet yolculuğu %7 ve son olarak yaya %6 olarak belirlenen kısıt totalde sağlanmıştır. Çalışmaların benzer yönleri mevcut durumun analizi yapılarak sistemin fotoğrafı çekilerek sistemdeki problemler belirlenmiştir. Onların çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada sistem performans kriterleri belirlenmiş, simülasyon tekniği kullanılmış ve bu kriterlerde iyileşme sağlayacak alternatif bir senaryo önerilmiştir.

Solecka and Zak (2014) çalışmalarında bir kentsel toplu taşıma sisteminin entegrasyonu ile sonuçlanan ulaşım çözümlerinin tasarlanması ve değerlendirilmesine yönelik genel metodolojiyi sunmuşlardır. Önerilen yaklaşım, bütünsel bir kentsel toplu taşıma sisteminin sezgisel - uzman tasarımının uygulanmasına, bilgisayar tabanlı bir makro-simülasyon sistemi olan VISUM simülasyonuna ve mevcut çözümle çok boyutlu - çok parametrelili karşılaştırmaya dayanmaktadır. Araştırma içeriği üç aşamada gerçekleşmiştir. Birinci olarak entegrasyonun somut varyantının sezgisel tasarımı, ikinci olarak tasarlanan varyantların makro simülasyonu ve son olarak varyantların karşılaştırmalı analizi ve değerlendirilmesini içerir. Mevcut ulaşım sisteminde varyant sıfıra ek olarak hafif ekspres şehir treni ve metro eklenmesini önermişlerdir. Önerilen varyant 1 ve mevcut varyant sıfır makro simülasyon sistemi olan VISUM programında

         ve ortalama seyahat süresi, ortalama s r   süresi, bir araçta geçen süre, ortalama transfer süresi, ortalama bekleme süresi, seyahat sayısı ve toplam yolculuk sayısı gibi parametreler açısından kıyaslamıştırlar. Sonuç olarak önerdikleri yeni model belirledikleri parametrelerde gözle görülür azalma sağlamış mevcut durumdaki ulaşımlar arac larının kullanım yoğunluğu önerilen yeni durumda %29 azalmıştırlar. Ayrıca mevcut durumda ortalama yolcu hızı 22,66 km/s iken önerilen yeni durumda 24,93 km/s olmuştur. Sisteminin analizi yapılarak mevcut durum ortaya çıkarılmış olması, simülasyon tekniğinin kullanılmış olması bakımından çalışmamla benzer taraflarıdır. Onların çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada sistem değerlendirmesi, alternatif ve mevcut model kıyaslaması ve Arena programı kullanılması olmuştur.

Milevich *et al.* (2016)  alışmalarında Rusya'da bulunan Krestovsky Adası'ndaki yeni inşa edilen stadyumda yapılacak olan 2018 FIFA Dünya Kupası'nın yarı final maçından sonra, ziyaretçilerin stattan çıkması sırasında planlanan karayolu a ı gelişiminin otomobil ulaşımlar sisteminin dinamikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Böyle bir analiz yapmak için, birkaç modelin inşasını gerektiren bir ajan tabanlı trafik akışı simülasyonu kullanmışlarđdır.  alışmaları dört aşamadan oluşmuştur. İlk olarak yarı final maçının oynanaca ı stat çevresinin yol a ının modellenmesi, ikinci olarak Rusya Federal G   Servisi tarafından sağlanan verilere dayanan bir nüfus sentezi, üçüncü olarak mevcut ve geliştirilmiş yol ağını kullanarak simüle edilmiş sistem davranışının karşılaştırmalı bir analizi ve son olarak çalışılan bölgenin ulaşımlar sisteminin sürdürülebilirlik analizini  ıkarmışlarđdır. Çalışma alanının sınırında belirli bir yolun trafik yoğunluğu üzerindeki etkisini tahmin etmişlerdir. Ancak, arka plandaki otomobil trafiğini hesaba katmadıklarından, simülasyonlar sırasında elde edilen değerler gerçek a ın parametrelerinin tahmini olarak kabul edilemeyeceğinden söz etmişlerdir. Çalışmalarda benzer şekilde ulaşımlar sisteminin analizi simülasyon tekniği yardımıyla yapılmıştırlar. Ayrıca, onların çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada performans kriterleri belirlenerek bu kriterlerde iyileşme sağlayacak alternatif bir model önerilmiştir.

Özuysal ve Gülhan (2017) çalışmalarında ulaşım sistemi performans ölçütü olarak erişilebilirlik yaklaşımının tanımı, misyonu ve diğer yaklaşımlara göre sağladığı avantajlar ortaya konulmuş, erişilebilirliğe etki eden faktörler ve bunlara dayalı bir planlama politikasının uygulanabilirliği irdelenmiştir. Sonuç olarak, erişilebilirlik yönetimi esaslı bir ulaşım planlama politikasının, Türkiye'nin büyük kentlerinin 21. yüzyıla taşınmasındaki önemi görülmüştür. Ulaşım sistem performanslarını değerlendirirken trafik bakış açısı, hareketlilik bakış açısı ve erişilebilirlik bakış açısı olmak üzere üç temel bakış açısı altında gruplandırmışlardır. Ulaşım türü seçiminde erişilebilirliğin bir fayda fonksiyonu bileşeni olarak model kurgusuna dâhil edilmesinin, model gerçekçiliğini artırma ve diğer detaylı bireysel verilerin toplanma ve işleme gerekliliğini azaltma bakımından yararlı olacağı görülmüştür. Ulaşım sorunun çözülmesi ancak tüm ulaşım türlerinin bir bütün olarak ele alınmasının yanı sıra, arazi kullanım karakteristiklerinin göz önünde bulundurulduğu; telekomünikasyon ve gönderi servisleri gibi gelecekte günlük yaşantımızda daha da büyük önem taşıması beklenen teknolojilerin de etkin olarak kullanıldığı bir ulaşım politikası anlayışının benimsenmesiyle mümkün olacağını düşünmüşlerdir. Her iki çalışmada da ulaşım sistemi değerlendirmek için sistem performans kriterleri belirlenmiştir. Onların çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada simülasyon tekniğinden yararlanılmış, sistem analizi yapılmış ayrıca simülasyon programı olarak Arena programından yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, Erzurum ili toplu taşıma sistemi ele alınarak mevcut durumun fotoğrafı sistem yaklaşımı yöntemiyle ortaya çıkarılmıştır. Belirlenen sistem girdisi, çıktısı ve parametreler ışığında sistem simüle edilerek mevcut durumun problemini çözecek parametrelerde iyileşme sağlayacak alternatif bir senaryo önerilmiştir.

Ulaşım konusuyla alakalı olan ve bu çalışmayla benzerlik gösteren bazı çalışmaların girdileri, çıktıları ve çalışma konuları tablo şeklinde Çizelge 1.1'de yayın yılına göre verilmiştir.

Çizelge 1.1. Ulaşım ile ilgili yapılan bazı çalışmalar

Yazar Adı (Yayın Yılı)	Girdiler	Çıktılar	Konu
Özdemir vd. (2004)	-park yeri -sinyalizasyon -yol ve toplu taşıma	-bölgesel faktörler -kentleşme olgusu -kentsel arazi kullanımı	Çevresel faktörlerin ve arazi kullanımının ulaşım türlerine etkisi açıklanmıştır.
Yılmaz (2005)	-yolcu sayısı -hat sayısı -araç sayısı -durak -hat uzunluğu	-ulaşım süresi -yolcu bekleme süresi -araç doluluk oranları -hat planlaması	Belirlenen parametreler ışığında toplu taşımanın simülasyonu Crystal Ball programında yapılarak mevcut durum çıkarılmış ve 2 farklı senaryo önerilerek parametrelerde iyileşme sağlanarak hat planlaması yapılmıştır.
Brueckner and Selod (2006)	-kentsel kamu politika kararları -homojen ve heterojen şehirler	-zaman -maliyet	Homojen ve heterojen şehirler için ulaşım sistemi mukayesini kentsel kamu politikaları ve halkın toprak sahiplenme durumunu dikkate alarak optimal model önermişlerdir.
Fernandez <i>et al.</i> (2008)	-metro -yüksek kapasiteli otobüsler -düşük kapasiteli otobüsler -besleyici servis setleri	-entegre ücret planı -metro otobüs entegrasyonu	Transit sistemlerin fiziksel ve operasyonel tasarımı için bir metodoloji sunmuşlardır. Metro ve otobüslerin entegrasyonu için bir model önermişlerdir.
Damart and Roy (2009)	-Hava kirliliği -gürültü kirliliği -kamu kaynakları	-maliyet-fayda analizi -kamu kaynaklarının yatırımında sosyoekonomik etkisi	Toplu taşıma kararlarında çevresel etken olan hava kirliliği ve gürültü kirliliğinin de dikkate alarak kamu kaynaklarının maliyet-fayda analizi çıkarılmıştır.

Çizelge 1.1. (devam)

Yazar Adı (Yayın Yılı)	Girdiler	Çıktılar	Konu
Lin (2010)	-zaman kısıtı -maliyet -kapasite	-taşıma sistemi performansı -kalite seviyesi -ulaşım karmaşıklığı	Çalışmalarında stokastik taşıma sitemlerinin performansını değerlendirmek için yeni bir algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritma 4 farklı şehirde bulunan fabrikalar için uygulanmış ve kalite seviyesi ölçülmüştür.
Awasthi et al. (2011)	-ulaşım değerlemesi kriterleri -dilsel derecelendirme -duyarlılık analizi	-alternatiflerin değerlendirilmesi -belirsizlik altında karar verilmesi	Çalışmalarında ulaştırma karar vericilerinin sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin nasıl değerlendirilip seçileceği konusunda çok kriterli bir karar verme yaklaşımı sunmuşlardır.
Hatipoğlu ve Öztürk (2012)	-toplu taşıma -pik saatlerde özel araç yoğunluğu	-yolculuk talep tahmini -araç paylaşım sistemi ve tele çalışması	Çalışmalarında mesai başlangıç ve bitiş saatleri belli olan ve ofis çalışan sayısının yoğun olduğu kurumda pik saatlerdeki özel araç yoğunluğunu azaltmak için yolculuk talep yöntemi stratejileri geliştirmişlerdir.
Sawicki and Zak (2013)	-ulaşım altyapısı -teknik ekipman -organizasyon kuralları	-müşteri memnuniyeti -müşteri gereksinimlerinin karşılanma düzeyi	Çalışmalarında hakimiyet temelli kaba küme teorisi yöntemini kullanarak elde edilen veriler ışığında ulaşım sınıflandırması yaparak müşteri gereksinimlerinin karşılanma seviyesini ölçmektedir.
Song et al. (2013)	-mevcut ulaşım türleri -ulaşım ücretleri	-yolcuların geçirdiği zaman -ulaşım yüzdeleri -ulaşım türleri entegrasyonu	Simülasyon tabanlı optimizasyon metodu kullanarak sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çizelge 1.1. (devam)

Yazar Adı (Yayın Yılı)	Girdiler	Çıktılar	Konu
Solecka and Zak (2014)	-ulaşım altyapısı -ulaşım kullanımı oranları -maliyet	-ulaşım türleri entegrasyonu -performans kriterleri	Çalışmalarında bir kentsel toplu taşıma sisteminin entegrasyonu ile sonuçlanan ulaşım çözümlerinin tasarlanması ve değerlendirilmesine yönelik genel metodolojiyi sunmuşlardır.
Milevich <i>et al.</i> (2016)	-yol ağı modellemesi -nüfus sentezi verileri	-ulaşım bölgesinin analizi	Çalışmalarında 2018 Dünya kupasının yarı final maçının oynanacağı statda maç giriş ve çıkışlarında oluşacak trafiğin planlanması yapılmıştır.
Özuysal ve Gülhan (2017)	-trafik bakış açısı -erişilebilirliğe etki eden faktörler	-ulaşım planlama politikası -ulaşım sistem performansı	Çalışmalarında ulaşım sistemi performans ölçütü olarak erişilebilirlik yaklaşımının tanımı, misyonu ve diğer yaklaşımlara göre sağladığı avantajlar ortaya konulmuştur.
Bu Çalışma (2019)	-yolcu sayısı -hat sayısı -araç sayısı -durak	-yolcu bekleme süresi -araç doluluk oranları -maliyet	Belirlenen parametreler ışığında toplu taşımanın simülasyonu Arena programında yapılarak mevcut durum çıkarılmış. Mevcut hatlar arası otobüs geçişi yapılarak performans kriterlerinde iyileşme sağlayacak alternatif bir senaryo önerilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Ulaşım

Ulaşım; yerleşim yerleri arasında insan, mal ve eşyanın transferinin sağlanması bir noktadan başka bir noktaya yapılan her türlü harekete genel manada ulaşım olarak tanımlanmaktadır.

Ulaşımın çok farklı alanları olmasına karşın çalışmamızın da temelini oluşturması babında insan ulaşımı dikkate alınmıştır. İnsan ulaşımı oluşturan en temel öğelerin arasındadır. Ülkelerin bu durumu göz önünde bulundurmalarının en önemli nedenlerinden biri de artan rekabet ortamında ekonomik olarak fayda sağlamaktır. Ulaşım ülkelerin ekonomik olarak birbirleriyle rekabet edebilmesi ve kendi içinde kurumsal kaynaklarını doğru planlayıp icra edebilmesi adına zaman geçtikçe daha da önemli olan bir durum haline gelmiştir. Ulaşımı, bu önem neticesinde değerlendiren şehirler ve ülkeler kendi içinde rekabet ettikleri şehirler ve ülkelere göre her zaman bir adım önde olmuşlardır. Ulaşımın ve kendi içinde şehir içi ulaşımının planlanması sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Bu önemi gösterme derecelerine göre şehirler ve ülkeler birbirinden ayrıştığı görülmektedir. Bu ayrım Amerika, Avrupa ülkeleri ve Türkiye’de farklılık gösterdiği özellikle şehir odaklı farklılıkların daha belirgin olduğu düşünülmektedir.

2.1.1. Toplu ulaşım sistemleri

Toplu ulaşım, insanların şehir içi ve şehirlerarasında ulaşımının sağlanması amacıyla belirli güzergâhı ve fiyat tarifesini olan herkesin kullanabildiği taşıma sistemlerinin genel adıdır. Toplu ulaşım sistemlerinin amacı, trafik yoğunluğunu azaltabilmek adına insanların en ekonomik ve en kısa sürede şehir içi ulaşımının yapılmasıdır. Bilindiği gibi kent içi yolcu taşımacılığının temel amacı taşıtların değil insanların taşınmasıdır. Bu amacı gerçekleştirilmesi ise toplu ulaşım sistemleri ile mümkündür.

Toplu ulaşım uygulamalarının insanlara ve şehre olan en hissedilebilir yansıması, kent merkezlerindeki trafik tıkanıklığını azaltıcı etkisidir. Günümüz şehirlerinin önde gelen sorunlarından birisi olan trafik yoğunluğunu azaltmada gelişmiş bir toplu ulaşım sistemi son derece etkilidir. Toplu ulaşım sistemlerinin trafik yoğunluğunu azaltıcı etkisi yanında pek çok faydası daha bulunmaktadır. Bireysel araç kullanımını azaltıcı etkisi sonucunda yakıt maliyetinden tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca trafik tıkanıklığı esnasındaki zaman kayıpları da önemli ekonomik kayıplardandır. Toplu ulaşım kullanımı insanlara daha sağlıklı bir hayat imkânı da sunmaktadır. Ayrıca araçlardan doğaya salınan atık miktarını azaltarak çevrenin korunmasına da katkı sunmaktadır. Bununla birlikte toplu ulaşım araçları ile seyahat otomobil kullanımına nazaran daha güvenlidir. Toplu ulaşım yatırımları oluşturduğu istihdam ve mali hareketlilik ile ekonomik kalkınmaya katkı sağlar. Görüldüğü gibi toplu ulaşımın ekonomiye, insan sağlığına, enerji verimliliğine ve çevreye olumlu katkıları bulunmaktadır.

Şehirlerin ve ülkelerin ekonomiye, insan sağlığına, enerji verimliliğine ve çevreye sağladığı katkı açısından toplu taşımayı planlaması ve rekabet gücünü artırması gereken önemli bir durum haline gelmiştir. Bu konuyu üzerine daha çok çalışan şehirler ve ülkeler diğerlerine göre her zaman bir adım önde olmuşlardır.

Sao Paulo Brezilya'nın ekonomik ve politik açıdan önemli eyaletlerinden birisi olduğu düşünülmektedir. 74 km'lik bir metro ağıyla Brezilya'daki en büyük metro sistemidir. Günlük yaklaşık 4,5 milyon yolcuya 5 hatta işletilen 64 istasyonla hizmet vermektedir. Metro sisteminin haricinde metrobüs benzeri otobüs sistemleri bulunmaktadır. 10 koridorda toplam 122 km uzunluğa sahip sistemle yaklaşık olarak günde 2,1 milyon kişi taşınmaktadır (Cirit 2014).

New York City'de hafif raylı, metro, tren, otobüs, vapur ve minibüs olmak üzere toplamda 6 farklı ulaşım aracına sahiptir. New York metrosu günlük yaklaşık 4 milyon diğer ulaşım araçları da yaklaşık 2 milyon olmak üzere toplamda yaklaşık 6 milyon kişiye hizmet vermektedir (Anonim 2019a.).

Almanya'nın çevre başkenti sayılabilecek Freiburg toplu taşıma bakımından gelişmiş bir şehirdir. Yaklaşık 220 bin kişinin yaşadığı şehirde toplam uzunluğu 30 km olan 4 tramvay hattı ile 26 otobüs hattı bulunmaktadır. Bu hatlarda günlük yaklaşık 200 bin kişi taşınmaktadır (Cirit 2014).

Toplu taşıma sistemleri ele alındığında Londra bu yönüyle dünyanın en önde gelen şehirleri arasında olduğu söylenmektedir. Dünyanın ilk metrosu olan Londra Metrosu, 2019 yılında 156. yaşını kutlamaktadır. Londra Metrosu 11 hata, 402 km uzunluğa ve 270 istasyona sahip bir sistem olup günlük yaklaşık 3,5 milyon yolcuya hizmet vermektedir. Metronun yanında ayrıca diğer raylı sistem hattı da Tramlink adı verilen tramvay sistemi mevcuttur. 28 km uzunluğa sahip sistemde 39 istasyon bulunmaktadır ve günlük yaklaşık 77 bin yolcu taşınmaktadır. Bir diğer toplu taşıma sistemi de otobüs sistemi olup 7500 otobüslük bir filo saha sahiptir. Her gün 700 hatta 6 milyon civarında yolcu taşınmaktadır (Cirit 2014).

Bisiklet kullanımının yangın olduğu şehirde günlük yolculukların yaklaşık yüzde 35'i bisiklet yüzde 7'si ise yürüyerek yapılmaktadır. Bunun yanında otobüs, tren ve metro sistemlerini kullananların yüzdesi ise yalnızca yüzde 26'dır. Diğer toplu taşıma sistemi olan otobüs sistemi 400 hatta faaliyet göstermektedir. Ayrıca 3 adet metro hattı bulunmakta olup 22 istasyon üzerinden hizmet sunmaktadır. Bu sistem ile senede yaklaşık 52 milyon yolcu taşınmaktadır (Cirit 2014).

Güney Kore'nin başkenti olan Seul'de kent içi ulaşım da 19 hatta ve 214 km uzunluğa sahip metrobüs ile günümüzde iki farklı işleticisi olan metro sistemi üzerinden sağlanmaktadır. Birinci hat 138 km uzunluk 120 istasyon ve 1946 raylı sisteme sahip ve günlük yaklaşık 4 milyon yolcuya hizmet vermektedir. İkinci hat ise 152 km uzunluk 148 istasyon ve 1561 raylı sistemden oluşup günlük yaklaşık 2,5 milyon yolcuya hizmet vermektedir (Cirit 2014).

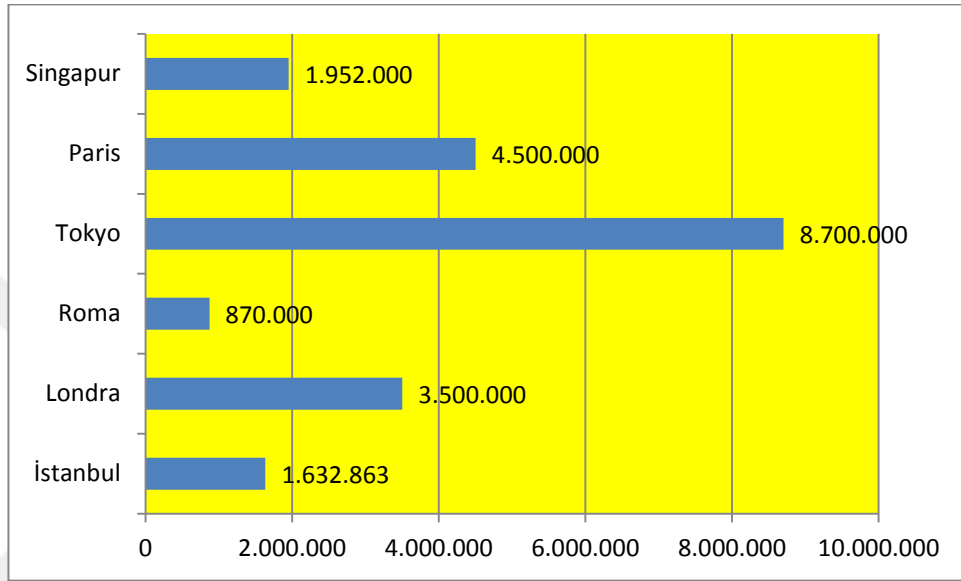
Singapur toplu taşıma alanında dünya ülkeleri arasında başarılı uygulamaya sahip ada şehir ülkesidir. Toplu taşıma raylı sistem ve otobüsler ile sağlanmaktadır. Singapur'da

toplam 149 km uzunluğunda ve 99 istasyona sahip metro sistemi ile 29 km uzunluğunda ve 43 istasyona sahip hafif raylı sistem bulunmaktadır. Ayrıca 340 hatta sahip 4000'den fazla otobüs ile ulaşım sağlanmaktadır. Toplu taşımanın yaklaşık yüzde 60'ı raylı sistem yüzde 40'ı ise otobüsler tarafından yapılmaktadır. Raylı sistem ile günlük yaklaşık 3,4 milyon otobüs ile günlük yaklaşık 2,4 milyon ve 0,9 milyonda ticari taksi ile toplam 6,7 milyon kişiye hizmet verilmektedir (Cirit 2014).

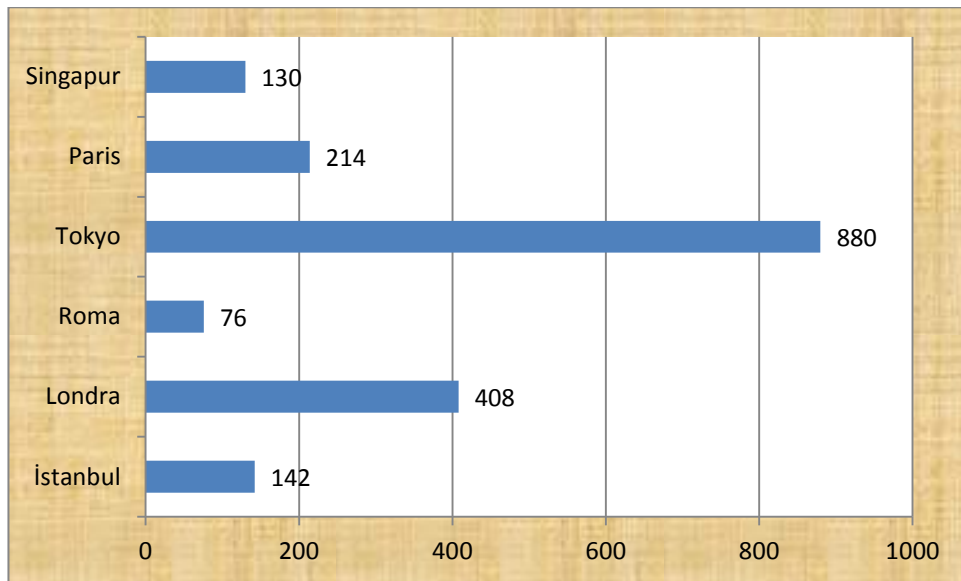
Türkiye'nin en büyük ve de en gelişmiş ulaşım ağına sahip İstanbul'da metro, hafif metro, tramvay, telefrik, föniküler ve marmaray gibi raylı sistemlere ayrıca otobüs sistemi ve deniz yolu sistemi gibi farklı alternatif ulaşım türlerine sahiptir. Raylı sistemle günlük yaklaşık 2,7 milyon, otobüs, minibüs, taksi ve servis gibi karayolu üzerinde günlük yaklaşık 11,7 milyon, deniz ulaşımıyla yaklaşık 500 bin olmak üzere günlük yaklaşık 15 milyon kişiye hizmet vermektedir. Ağırlıklı olarak kullanılan otobüs sisteminde 11.795 adet durak ve 2756 adet otobüs mevcuttur (Anonim 2019b).

Bu bölümde incelenen farklı şehirleri değerlendirirsek, Brezilya gibi Güney Amerika ülkelerinde daha çok tercih edilen otobüs, metrobüs ve motorsuz ulaşım türlerinin yaygın olduğu, bununla birlikte Brezilyada raylı sisteminde gelişmekte olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devleti'nde ise eyaletler arasında farklılıklar göstermekle birlikte raylı sistemler ve otobüs sistemleri yoğunlukla kullanılmaktadır. Avrupa'da ise başta İngiltere ve Almanya olmak üzere otobüs sistemleri ile raylı sistemlerin sıklıkla kullanıldığı, bunun yanı sıra özellikle Hollanda ve Danimarka'da kullanıldığı gibi bisiklet ve yaya ulaşımının sıklıkla tercih edildiği gözlemlenmiştir. Uzak Doğu ülkelerinden Kore ve Singapur'da ise raylı sistemler yoğun bir biçimde kullanılmakta, bunun yanı sıra otobüs sistemleri raylı sistemleri destekler niteliktedir. Ülkemizde ise Büyükşehirler de raylı sistem ve otobüs sistemi ağırlıklı olarak kullanılmakta olsa da otobüs sistemi kullanımının yüzdesi daha fazladır. Diğer şehirlerde ise otobüs sistemi kullanılmakta olup ilerleyen zamanlarda raylı sisteme geçmek için çalışmalar yapılmaktadır.

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de görüldüğü gibi bazı metropollerde raylı sistem kullanımı ve günlük yolcu sayıları verilmiştir. Bu değerlere bakıldığında yukarıdaki bölgesel olarak farklı ülkelerin ve de şehirlerin raylı ulaşım sistemini yoğun olarak kullandığı görülebilir.



Şekil 2.1. Bazı metropollerde raylı sistem kullanımı



Şekil 2.2. Bazı metropollerde raylı sistem uzunluğu (km)

Erzurum ilinde toplu taşımayı Büyükşehir Belediyesi otobüsleri, özel halk otobüsleri ve minibüsler sağlamaktadır. Minibüslerin 6 farklı hattı mevcuttur bu hatlarda toplam 95 adet minibüs hizmet vermektedir. Otobüsler de ise 35 farklı hat mevcuttur bu hatlarda toplam 249 adet otobüs çalışmaktadır. 249 adet otobüsün 80 adedi EBB'ne ait geriye kalan 169 adet otobüs şahıslara aittir. Bu çalışmada incelenen kardelen kart sistemine tabi olan otobüslerdir. Hafta içi hizmet verilen yolcu sayısı günlük yaklaşık olarak 105-120 bin arasında olmakla beraber hafta sonu bu rakam yaklaşık olarak 70 binlere kadar inmektedir.

Otobüsler 12 adedi kuzey, 14 adedi güney, 8 adedi batı ve 1 adedi de doğu olmak üzere 4 farklı isimle gösterilen toplam 35 farklı hatta çalışmaktadır. Toplu ulaşımı sağlayan otobüsler belirlenen her bir hat için ayrı bir güzergâh ve tur süresine sahiptir. Günlük taşınan yolcu sayısının fazla olması ve farklı saatlerde yoğunluk oluşmasında mevcut sistemde bazı problemler gözlemlenmiştir.

Erzurum ili toplu ulaşım incelendiğinde, mevcut hat güzergâhlarının uzun olması, otobüs doluluk oranlarının birbirlerinden çok farklılık göstermesi, işe gidiş ve işten çıkış saatlerinde duraklarda yoğunluk, duraklarda bekleyen yolcu ve bekleme süresinin fazlalığı gibi problemler gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Sistem Yaklaşımı

Genel Sistem Teorisi sistemin ortak özelliklerinin belirlenmesi yöntemiyle tüm alanlara uygulanması daha kolaylaşmıştır. Sistem yaklaşımı belirlenen ortak özellikleriyle uygulandığında bütünlük ortaya çıkar. Bu yöntemin kullanım alanları genellikle organizasyonların yönetim kademeleridir. Sistem yaklaşımı, sistemin bütünüyle kendisini oluşturan alt sistemleri ve bunlar arasındaki ilişkileri kavrayıp değerlendiren ve yöneten ayrıca sistemde meydana gelecek sorunları çözebilen ve bu süreçte sistem analizini kullanan bir bakış açısı ve davranış biçimidir.(Koçel 1982)

Sistem yaklaşımı, belirlenen problemleri incelerken tüm alt öğelerin göz önünde olduğu ve bu sorunun anlaşılmasını sağlayan bakış açısı olarak tanımlanabilir (Aydın 1988).

19.yüzyılda üretimin artması sistem yaklaşımının ortaya çıkış sebeplerinden en önemlilerindendir. Üretim miktarının artması planlı daha hızlı ve de daha kaliteli üretime imkân sağlamıştır. Sistem yaklaşımı, iş gücü, sermaye, bilgi, donanım ve diğer üretim unsurlarının sistemli olarak çalışması sağlar. Üretimin artması belli alanlarda şirketlerin otomasyonu kullanmasını bunun sonunda uzmanlaşmaya sebep olmuştur. Otomasyona geçiş, işletmelerde daha küçük öğelere ayrılmasını sağlayarak verimliliğin artmasını sağlamıştır. Daha küçük öğelere ayrılması öğelerin ortak noktalarının anlaşılmasını zorlaştırmıştır. Farklı disiplinler arasındaki uyumu sağlamak için yöntem ve teoriler geliştirmek maksadıyla sistem yaklaşımı geliştirilmiştir. Farklı yaklaşımların geliştirilmesi bu durumu kontrol edebilmek ve sistem yaklaşımını uygulayabilmek için ortaya çıkmıştır. Çalışmamda sistem yaklaşımı yöntemini dikkate alarak incelediğimiz Erzurum ilinin şehir içi ulaşımında mevcut problemlerin belirlenmesinde sistemi oluşturan tüm öğeler göz önüne alınarak incelenmiş öğeler arası etkileşimi de sistem yaklaşımı bakış açısıyla ortaya çıkarılmıştır.

3.1.1. Bütünsel yaklaşım

Yaklaşımın temeli, sistemin bir bütün olarak ele alınmasıdır. Bu yaklaşım, sistemi oluşturan öğelerin, öğeler arası ilişkilerin ve çıkacak problemlerin birbirinden ayrılamayacağını kabul eder. Parçalar ve ilişkiler arasında ortaya çıkan problemlerin de birbirine bağlı olduğunu, problemin birinin çözüme kavuşmasının diğerinin de çözüme kavuşacağını ortaya koyar. Bütünsel yaklaşım, sistemi bütünlüklerden oluşmuş birbiriyle ve çevresiyle etkileşim içinde olan bir bütün olarak görür (Erkut 1995).

Bütünsel yaklaşım, bütünlük anlayışını her anlamda destekler. Sistemin bu özelliği sistemin tek ögesi üzerinde durulması ana sistemi için yeterli olmayacağını sistemin bir bütün olarak incelenmesi gerektiğini söylemektedir. Bu bakış açısıyla çalışmada Erzurum ili toplu taşıma sistemi bir bütün olarak ele alınarak mevcut sistemin analizi yapılmıştır.

3.1.2. Disiplinler arası yaklaşım

Tarihi gelişim süreci içerisinde uzmanlaşma ile birlikte önemi ortaya çıkmıştır. Genel sistem teorisinin bütün disiplinlere uygulanabilmesi, ayrıca bilim dallarının birbirinden ayrılamaması bakımından sistem yaklaşımı içinde disiplinler arası yaklaşımın ortaya çıkması kaçınılmaz olmuştur. Bu süreç, bazı bilimlerin doğmasına ve bilim dallarının alt öğelere ayrılarak uzmanlaşmanın artmasına sebep olmuştur. Disiplinler arası yaklaşımda, sistemin problemlerine farklı fikirlerle çözüm arama söz konusudur. Bilim alanlarının birisini diğerinden net çizgilerle ayırmak imkânsız olmakla birlikte, her bilim alanının kendine has kavramları ve yöntemleri mevcuttur. Disiplinler arası yaklaşım bu konuda belirlenen kurallara uyarak, çözüm aranan problemi, tüm hatları ile farklı düşüncelere dayanarak incelemekte ve sorunlara çözüm aramaktadır (Aydın 1988). Çalışmada sistemin öğeleri ve alt öğelerinin belirlenip incelenmesinde sistemin genelden özele ve özelden genele ayrıca öğeler arası etkileşimi gibi farklı bakış açılarının birlikte değerlendirilmesi disiplinler arası yaklaşımın benimsenmesi doğrultusunda gerçekleşmiştir. Bu yaklaşımla incelenen sistemde tüm öğeler ve bu

öğelerin kendi içindeki etkileşimleri ana bütün olarak incelerek mevcut sistemin fotoğrafı ortaya çıkarılmıştır.

3.1.3. Bilimsel yaklaşım

Bilimsel yaklaşım, sistem mevcut olan problemlere bilimsel yollar ile çözüm aramayı önerir. Bilimsel yaklaşım, 19. yüzyıldan itibaren temel ve uygulamalı bilimlerin gelişmesi sonucunda sorunlara deneysel çözümler aranması sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım diğer yaklaşımlara göre daha sistemli, daha akılcı, deneye dayalı bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda sistemin probleminin giderilmesi için planlı bir çalışma söz konusudur. Bu çalışmanın aşamaları şu şekilde sıralanabilir:

- Olayların gözlenmesi
- Sorunun çözümüyle ilgili hipotezin belirlenmesi
- Deneylerle hipotezin test edilmesi
- Genelleme yapılması
- Yapılan bu genellemeyle olayların denetim altına alınması (Aydın 1998)

Bu çalışmada Erzurum ili toplu taşımadaki problemlerin gözlenmesi, analiz edilmesi ve çözüm önerilerinin getirilmesinde bilimsel yaklaşım bakış açısı benimsenmiştir.

Bu çalışmada incelenen Erzurum ili toplu taşıma sisteminin birinci aşaması olan mevcut sistemin analizinin çıkarılması işlemi yapılırken sistem yaklaşımı ve alt birim yaklaşımlarından yararlanılmıştır.

3.2. Sistem Analizi

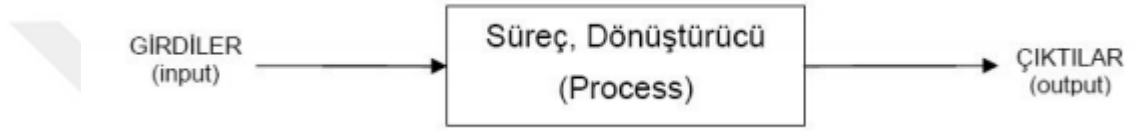
Karar vermede yardımcı olan bir yaklaşımdır. Sistemin incelenerek belirsizlik altında karar vericilere sistem üzerindeki problemleri görme imkânı sağlayan bir yöntemdir. Bu anlamda, sistem analizi belirlenen hedeflerin en iyi şekilde tanımlanmasını, bu hedeflere

ulaşmak için alternatif senaryoların tespitini her senaryonun etkililiğinin kantitatif olarak değerlendirilmesini ve maliyetinin hesabının yapılmasını kapsar. Sistem analizi, savunma sistemlerinin planlanıp programlamasında kullanıldığı gibi, sosyal sistemlerin bilimsel yollarla geliştirilmesi istendiği diğer alanlarda da kullanılır. Genel sistem teorisinin olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca, sistemlerin birbirinden ayırt edilebilmesi de mümkün görünmektedir. Genel sistem teorisi, sistemlerin kendi içinde ve çevreleriyle olan ilişkisini niteliği bakımından sınıflandırma yapan ve sınıfların davranışını yöneten bazı kuralları da kapsar.

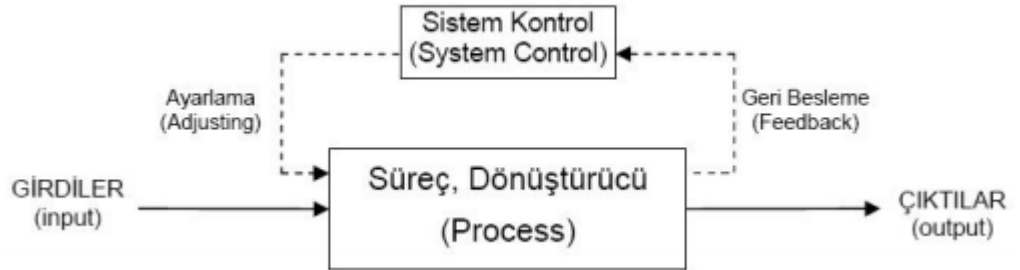
Sistem kelimesi, birçok kez farklı anlamlar için kullanılmıştır. Bu bakımdan, kesin bir sistem tanımı yapmak pek mümkün görünmemektedir. Sistemin modern kavramının belirtilmesi yerinde olacaktır. Tüm sistemlerin bir ortamı veya çevresi mevcuttur. Sistem, çevresinde net bir şekilde ayrılmış olsa da çevresiyle belirlenmiş ilişkileri mevcuttur. Sistemin öğeleri veya öğeler arasında da belirli ilişkiler olduğu söz konusudur. Bu ilişkilerin incelenmesinde dedüksiyonlar da dâhil edilmesi sonucunda sistem analizinde mantıki ve matematik mukayese yöntemi kullanılır. Sistemin dış çevresiyle olan ilişkileri bilimsel yollarla ispatlanır.

Bir sosyal sistem diğer sistemler gibi çevresiyle etkileşimli açık bir sistemdir. Sistemin çevresi ile girdi-çıkı ilişkileri mevcuttur. Ayrıca, öğeler arasında da bu minvalde bir ilişki oluşmaktadır. Bir sistemler hiyerarşisi mevcuttur ve bu hiyerarşi içinde, büyük olan sistemler daha küçük olan sistemleri bir alt-sistem olarak kendi alt sistemi içine alırlar. Ekonomi, toplumun fonksiyonel bakımdan bir alt-sistemi olduğu düşünülmektedir. Sosyal sistemlerin sistemi temsil eden kişi çıkarlarına hizmet ettiği düşünülen bir amaçlar dizisine sahip olduğu düşünülebilir. Karar vericiler sistemin sevk ve idare edenlerdir. Bilim insanlarının amacı, sistemin yapısını inceleyerek geliştirmek, karar vericileri sistemdeki unsurların bazılarını değiştirme konusunda etkileyerek sistemin bütününe kapsadığı kişilerin çıkarlarına en iyi şekilde hizmet etme imkânı sağlamaktır.

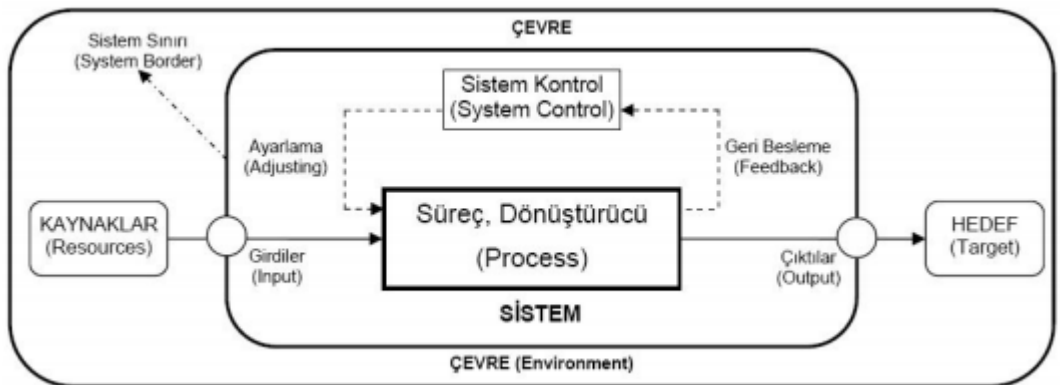
Sistemi girdisi olan bir prosesten geçen ve sonucunda bir çıktıya ulaşan mekanizma olarak tanımlansın. Sistem analizi de bu girdilerin, sürecin ve çıktıların neler olduğu çevresiyle etkileşimi sistemin amacını öğelerini varsa alt sistemlerini ve sistemi oluşturun her ögenin birbiriyle etkileşimini ve amacını inceleyerek sistem hakkında detaylı her bilgiye ulaşmamızı sağlayan yaklaşımlardır. Sistemin en temel hali, geri beslemeli ve detaylı sitem olarak 3 farklı sistem gösterimi sırasıyla Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Sistemin en temel hali (Birol 2012)



Şekil 3.2. Geri beslemeli sistem (Birol 2012)



Şekil 3.3. Detaylı sistem gösterimi (Birol 2012)

3.3. Simülasyon

İncelenen sistemin belirlenen zaman maliyet yönünde daha tasarruflu ve sistemdeki değişimin vermiş olduğu sonucu daha önceden tahmin etmek amacıyla sistemin matematiksel ve mantıksal bir modelinin geliştirilmesi ve bu model üzerinde farklı senaryolar üretilmesi sürecidir. Bugün mevcut olan ve daha önemlisi yarın da mevcut olabilecek işlemler hakkında tarafsız bilgilere ulaşmamızı sağlayan bir süreçtir.

3.3.1. Simülasyon temel amaçları

Simülasyon, gerçek bir hayat sistemini ele aldığımızda sistemin girdisiyle çıktısıyla ve diğer öğelerinin de dikkate alınıp bir model üzerinde sistem hakkında alınan farklı kararların uygulanıp sonuçlarının incelenebildiği ve zamandan ve paradan yana tasarruf imkânı sağlayan bir süreci ifade eder. Elde edilen verilerle birlikte sistemle ilgili öngörü yapabilmek ve uygulamaya esas kararları belirlemek gibi sistemi birebir simüle ederek sistem üzerinde senaryolar üretilmesi imkânını sağlar.

3.3.2. Neden simülasyon?

Benzetim bir sistemi analiz ederken veya bir problemi çözmeye çalışırken, mevcut durumun ortaya konulması, problemlerin belirlenmesi ve problemler neticesinde alternatif çözüm önerileri üretilmesi için en iyi yöntemlerden birisidir. Ayrıca karmaşık sistemlerin analiz edilip sorunların çözülmesi aşamasında zaman ve maliyet bakımından oldukça uygun bir çözüm imkânı sağlamaktadır. Gerçek sistemde denenmek istenen tüm senaryoları model üzerinde kısa sürede deneyip sonuçlarını analiz etme imkânı sağlamaktadır. İncelenen konu ulaşım sistemi olmasından dolayı ulaşımın hızlı nüfus artışıyla daha da karmaşık bir boyut alması karşısında bizlere esnek bir planlama imkânı sağlamaktadır. İncelenen sistemin ulaşım sistemi olması sebebiyle mevcut sistemdeki problemlerin daha iyi gözlemlenmesi ve test edilmiş çözüm önerileri önerme adına bu çalışmada benzetim yöntemi tercih edilmiştir.

3.4. Veri Analizi

Elde edilen veya toplanan ham verilerin karar vericiler açısından anlam ifade etmesi ve karar vericiye konu hakkında fikir verebilmesi açısından verilerin değerlendirilmesi süreci veri analiziyle mümkündür. Mevcut durumun ortaya konulması, parametrelerin ve bağıntının tahmin edilebilmesi ve ayrıca belli bir dağılıma uygunluk gibi birçok süreci kapsamaktadır. Araştırmanın amacı ve verilerin özellikleri dikkate alınarak en çok kullanılan başlıca parametrik istatistiksel yöntemler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bazı parametrik istatistiksel yöntemler(Anonim 2019c)

İstatistiksel Yöntem	Veri Ölçeği-Türü	Kullanım Amacı
Mod(Tepe Değer)	Sınıflama-Nicel	Betimleme: En fazla tekrar eden değeri bulma
Medyan(Ortanca)	Sıralama-Nicel	Betimleme: Verileri iki eşit parçaya ayırma
Aritmetik Ortalama	Tüm ölçekler-Nitel-Nicel	Betimleme: Merkezi eğilim ölçüsü
Varyans Standart Sapma	Tüm ölçekler-Nitel-Nicel	Betimleme: verilerin ortalama etrafında dağılımın ölçüsü
T Testi	Aralık, Oran-Nicel	Varsayım denetimi: Karşılaştırma, farklılık denetimi
F testi	Aralık, Oran-Nicel	Varsayım denetimi: Karşılaştırma, farklılık denetimi

Çizelge 3.1. (devam)

Z Testi	Aralık, Oran-Nicel	Varsayım denetimi: Karşılaştırma, farklılık denetimi
Korelasyon Analizi	Sıralama,Aralık, Oran-Nicel	İlişkinin büyüklüğünü ve yönünü tahmini etme
Regrasyon Analizi	Sıralama,Aralık, Oran-Nicel	İlişkinin yönünü, biçimini ve değişim seyrini tahmin
Varyans Analizi	Aralık, Oran-Nicel	Varsayım denetimi: Karşılaştırma, farklılık denetimi
Faktör Analizi	Sıralama,Aralık, Oran-Nicel	İlişki tahmini, varsayım kurma ve varsayım denetimi
Diskriminant Analizi	Sıralama,Aralık, Oran-Nicel	Varsayım denetimi
Cluster Analizi	Sıralama,Aralık, Oran-Nicel	Varsayım denetimi

Bu çalışmada belirlenen sistem performansları bakımından önerilen model ve mevcut durum arasındaki oluşan farkların anlamlı olup olmadığı veri analizi yapılarak sağlanmıştır. Veri analizi yapılırken istatistiksel yöntem olarak Z testi kullanılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sistem Girdisi, Amacı, Hedefi, Ögesi, Parametresi, Performans Kriteri ve Çıktısı

Sistemin girdileri:

- Yolcular
- Hatlar
- Otobüsler
- Duraklar

Sistemin amacı: Yolculuk talebinde bulunan kişilerin ulaşım talebini karşılarken kaliteli ve konforlu bir ulaşımın yanında yolcu bekleme süresini ve bekleyen yolcu sayısını minimum yapmak ve sistem maliyetinin optimum olmasını sağlamak.

Sistemin hedefi: Sistemin amacına ulaşmasını sağlamak ayrıca hava kirliliğinin ve trafik yoğunluğunun azalması için yolcuların toplu ulaşımı kullanma oranlarının artmasını sağlayacak ulaşım planlamasının yapılması. Sistemin amacı ile hedefinin birbiriyle bağlantılı olduğu görülmektedir. Sistemin amacı gerçekleştikçe sistemin hedefi de zamanla gerçekleşmiş olacak.

Sistemin ögeleri: yolcu, otobüs, şoför, durak, hat, kartlı sistem, ulaşım daire başkanlığı, kardelen kart müdürlüğü ve diğer araçlar. Sistemin ögeleri arasında etkileşimler mevcuttur. Hatların belirlenmesi ulaşım daire başkanlığı tarafından yapılmaktadır. Hangi aracın hangi hatta yolcu taşıyacağı kaç tur atacağı ve yolculardan alınacak ücret burada belirlenmiştir. Yolcuların bekleme süreleri belirlenen hat güzergâhı ve tur süresine bağlıdır. Görüldüğü üzere ögeler arası etkileşim söz konusudur.

Sistemin Parametreleri:

- Hat sayısı
- Araç sayısı
- Yolcu sayısı

Sistemin Performans Kriterleri: Mevcut sistem değerlendirilirken 3 adet performans kriteri belirlenmiştir.

1. Araç doluluk oranları
2. Duraklarda bekleyen yolcu sayısı
3. Duraklarda bekleyen yolcuların bekleme süresi

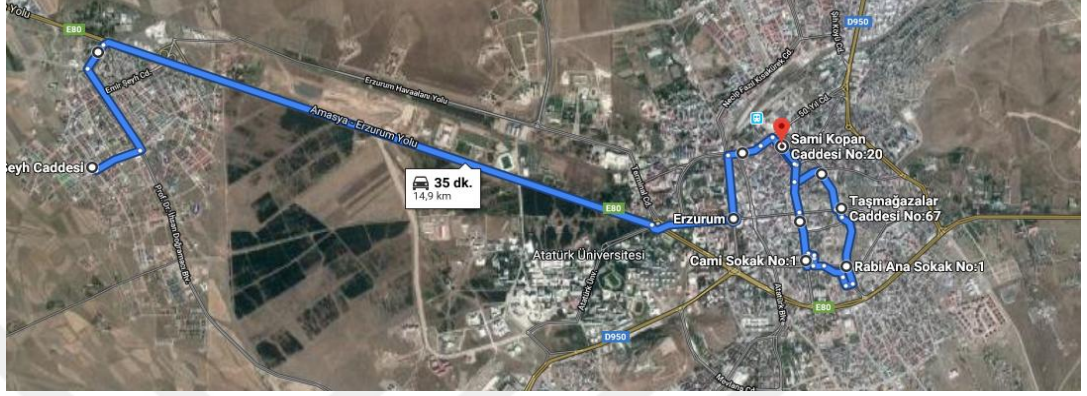
Sistemin çıktısı:

- Ulaşım talebi karşılanmış yolcular
- Ulaşım maliyeti

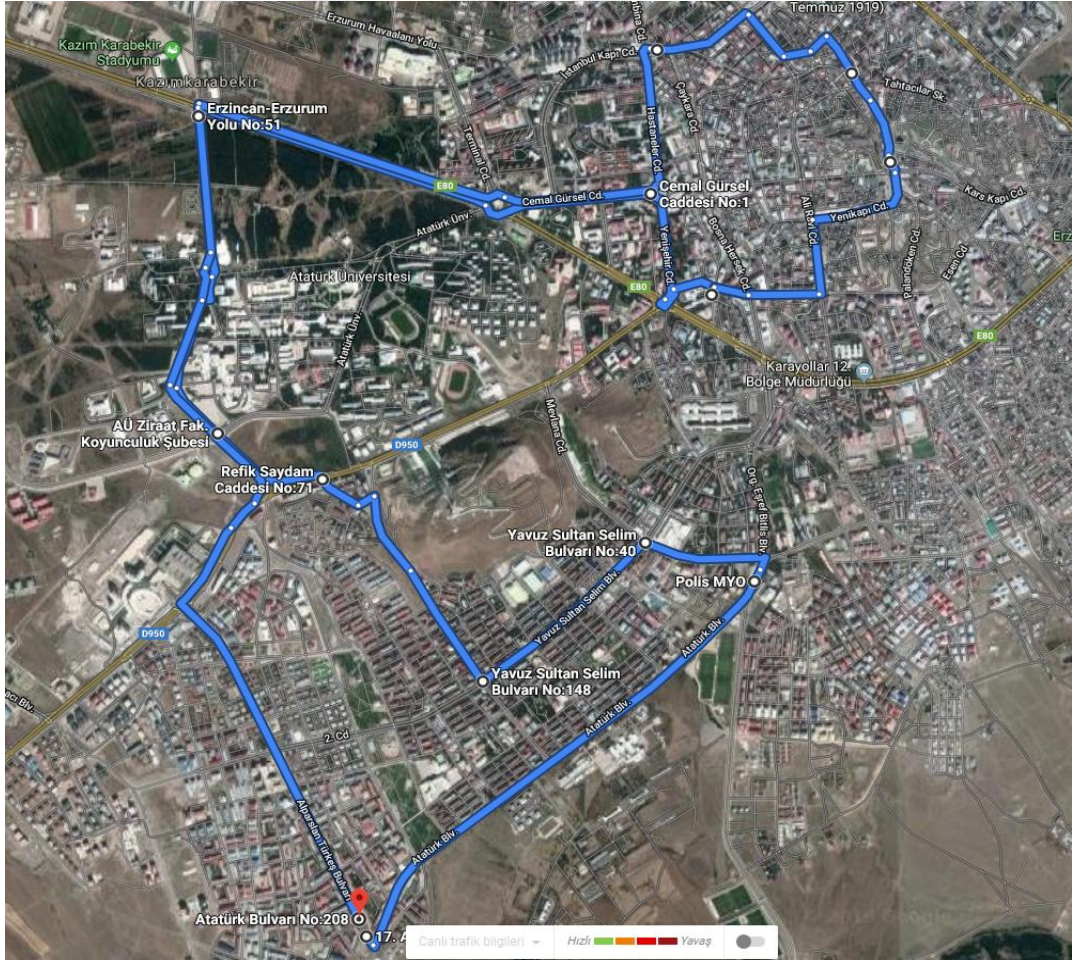
4.2. Mevcut Durum

Erzurum ilinde şehir içi ulaşımı sağlayan 12 adet kuzey hattı, 14 adet güney hattı, 8 adet batı hattı ve 1 adet doğu hattı olmak üzere toplamda 35 farklı hat mevcuttur. Bu çalışma için hatların geçtiği yerler incelenmiş ve birbirine yakın bazı duraklar birleştirildikten sonra toplamda 250 farklı durak belirlenmiştir. Sistemin simülasyon için gerekli olan diğer veriler Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığından ve Kardelen Kart Müdürlüğünden alınmıştır. Genel olarak gözlemlenen problemlerden biri olan hat uzunluğu dikkat çekmektedir. Bu durum bir çok hat için geçerli olup anlaşılması adına B2 ve G3 hatlarının hat uzunluğu Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmektedir. Duraklar arası süreler her hat güzergâhı için ayrı ayrı saniye cinsinden belirlenmiştir. Kardelen Kart Müdürlüğünden alınan bir aylık saatlik çizelge incelenip belirlenen 250 durak için

ağırlık katsayısı oluşturulmuştur. Oluşturulan ağırlık katsayıları dikkate alınarak inen ve binen yolcular belirlenmiştir.



Şekil 4.1. B2 hattı güzergâhı



Şekil 4.2. G3 hattı güzergâhı

4.2.1. Duraklar ve programda kullanılan kodlar

Erzurum ili kent içi ulaşım ağı incelenmiş ve 35 hattın geçtiği güzergâh ve uğradıkları duraklar belirlenmiştir. Hatların kullandığı birbirine yakın olan bazı duraklar tek bir durak olarak değerlendirilmiş olup duraklar bulundukları yer, cadde veya sokak adlarını almışlardır. Programda kolaylık sağlaması amacıyla durak isimleri alfabetik sıralama dikkate alınarak kodlama Çizelge 4.1’de olduğu gibi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1. Duraklar ve programda karşılık gelen kodları

Durak Kodu	DURAKLAR	Durak Kodu	DURAKLAR
D1	ABDURRAHMANGAZİ YURTLARI	D28	ÇAT YOLU
D2	ADAÇAY	D29	ÇAYKUR
D3	ANAHTARCILAR	D30	ÇİFTLİK
D4	ANFİLER	D31	ÇUKUR EVLER
D5	ARAÇ MUAYENE İSTASYONU	D32	D.100 KARAYOLU STAD
D6	AŞAĞI ASRI MEZARLIK	D33	D.KENT POSTANE
D7	ATLAMA KULELERİ	D34	D.S.İ YOLU
D8	ATLAMA KULELERİ KARŞISI	D35	D-100 KARAYOLU – KÖŞK
D9	AZİZİYE BELEDİYESİ	D36	DADAŞ EVLER
D10	AZİZİYE KIZ YURTLARI	D37	DADAŞKENT
D11	BAT PAZARI	D38	DADAŞKENT SEVK İDARE
D12	BÖLGE EĞİTİM EK HASTANESİ	D39	DADAŞKENT-TARIKTAR
D13	BEYAZ EVLER	D40	DADAŞKÖY CADDESİ
D14	BİLALİ HABEŞ CAMİ	D41	DADAŞKÖY YOLU
D15	BOSNA CADDESİ	D42	DEDE EFENDİ CAMİ
D16	BÖLGE EĞİTİM HASTAHANESİ	D43	DEMİRCİLER
D17	BÖLGE EĞİTİM KARŞISI	D44	DEMİREVLER
D18	BÖLGE İDARE MAHKEMESİ	D45	DİŞÇİLİK
D19	BÖREKLİ	D46	DUMLU
D20	BUHARA HASTAHANESİ	D47	DUTÇU MAHALLESİ
D21	BUHARA TIP MERKEZİ KARŞISI	D48	EBU İSHAK CAMİ
D22	BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	D49	ECZANELER
D23	CADDE POSTANE	D50	EDİP SOMUNOĞLU
D24	CEDİD - DEMİRCİLER	D51	EĞİTİM FAKÜLTESİ KARŞISI
D25	CEDİD	D52	EĞİTİM FAKÜLTESİ
D26	CEMALİYE CAMİ	D53	ERTUĞRUL GAZİ SAĞLIK OCAĞI
D27	CUMHURİYET CADDESİ	D54	ERZURUM LİSESİ

Çizelge 4.1. (devam)

D55	İMAM HATİP	D95	K.K. BEKİR İMAM HATİP ORTAOKULU
D56	ESKİ ARAŞTIRMA HASTANESİ POLIKLINİKLER	D96	K.SARAY SİTELERİ
D57	ESKİ AZİZİYE HASTANESİ	D97	KARAYOLLARI BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
D58	ESKİ BAT PAZARI	D98	KARAYOLLARI E-80
D59	ESKİ HAVALİMANI YOLU	D99	KARS KAPI
D60	ESKİ KOMBİNA	D100	KAVAK CAMİİ
D61	ESKİ YURTLAR	D101	KAVAK MAHALLESİ
D62	ETÜ	D102	KAYAKYOLU
D63	FERAH MAHALLESİ	D103	KAYAKYOLU SEVK İDARE
D64	GAZİLER	D104	KAZIM KARABEKİR MESLEK LİSESİ
D65	GAZİNO KAVŞAĞI	D105	KAZIM YURDALAN
D66	GEZ KAVŞAĞI	D106	KERVANSARAY SİTELERİ
D67	GEZ KÖY KAVŞAĞI	D107	KIZ MESLEK LİSESİ
D68	GEZ KÖY KIŞLASI	D108	KOLORDU
D69	GEZ MAHALLESİ	D109	KOMBİNA
D70	GÖĞÜS HASTAHANESİ	D110	KONAKLI
D71	GÜLAHMET	D111	KONGRE CADDESİ
D72	GÜN SAZAK KAVŞAĞI	D112	KÖMÜRCÜLER
D73	GÜRCÜKAPI	D113	KÖŞK
D74	GÜZEL SANATLAR FAKÜLTESİ	D114	KUDAKA
D75	HACI SELİM EFENDİ CAMİİ	D115	KURT DERESİ
D76	HAMİDİYE YURDU	D116	KUZEY ÇEVRE YOLU SANAYİ
D77	HASTAHANELER CADDESİ	D117	KÜMEEVLER
D78	HAVALİMANI YOLU	D118	LALAPAŞA CAMİİ
D79	HAVUZBAŞI	D119	LAZ KOMU
D80	HİLALKENT	D120	LİBYA CADDESİ
D81	HİLALKENT İTFAİYE	D121	MAHALLEBAŞI
D82	HİLALKENT SEVK İDARE	D122	MAKSUT EFENDİ
D83	ILICA MERKEZ	D123	MALİYE-ADLİYE-BELEDİYE
D84	ILICA SANAYİ	D124	MARAŞAL DEVLET HASTANESİ
D85	ILICA SEVK İDARE	D125	MENDERES CADDESİ
D86	İKDİSAT FAKÜLTESİ	D126	MEVLANA CADDESİ
D87	İL TURİZM MÜDÜRLÜĞÜ	D127	MİGROS KAVŞAĞI
D88	İLHAK KÜTÜPHANESİ	D128	MİLLİ EGEMENLİK CADDESİ
D89	İMAM HATİP LİSESİ	D129	MNG AVM
D90	İSTANBUL KAPI	D130	MNG AVM KARŞISI
D91	İSTASYON SEVK İDARE	D131	N.TOPÇU YURT KARŞISI - SEBZE HALİ
D92	İSTASYON	D132	NALBANT OĞLU
D93	İTAFİYE-TOKİLER	D133	NENE HATUN HASTAHANESİ
D94	İTFAİYE	D134	NENEHATUN EVLER

Çizelge 4.1. (devam)

D135	NENEHATUN GÖĞÜS HASTAHANESİ	D177	ŞİH KÖYÜ
D136	NENEHATUN KADIN DOĞUM HASTAHANESİ	D178	ŞÜKRÜPAŞA 5 EVLER
D137	NENEHATUN KIZ LİSESİ	D179	ŞÜKRÜPAŞA ANADOLU LİSESİ
D138	NENEHATUN SİTESİ	D180	ŞÜKRÜPAŞA CAMİİ
D139	NURETTİN TOPÇU YURDU	D181	ŞÜKRÜPAŞA HAMİDİYE CAMİİ
D140	OLİMPİYAT KÖPRÜ	D182	TARIKTAR
D141	OLİMPİYAT PARKI	D183	TARIMSAL ARAŞTIRMA
D142	ORGANİZE SANAYİ	D184	TAŞAMBARLAR
D143	OSMAN GAZİ SAĞLIK OCAĞI	D185	TAŞHAN
D144	OTOGAR	D186	TEDAŞ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
D145	ÖZEL HAREKAT	D187	TEDAŞ LOJMANLARI
D146	ÖZYUNUSLAR	D188	TEDAŞ
D147	PAKMAYA	D189	TEKEDERESİ
D148	PALANDÖKEN CADDESİ	D190	ÇAT
D149	PALANDÖKEN DEVLET HASTAHANESİ	D191	TELSİZLER KAVŞAĞI
D150	PAŞALAR CADDESİ	D192	TEPE KÖY
D151	PİR ALİ BABA CAMİİ	D193	TEBRİZKAPI
D152	POLİS EVİ	D194	TERMİNAL MAHALLESİ
D153	POLİS OKULU	D195	TINAZLI
D154	POLİS OKULU KARŞISI	D196	TİCARET LİSESİ
D155	POSTANE	D197	TORTUM YOLU
D156	PROF. RECEP AKDAĞ BULVARI	D198	TRT
D157	RABİA ANA- PAYLAŞIM YURTLARI	D199	ULU CAMİİ
D158	RECEP TAYYİP ERDOĞAN FUAR MERKEZİ	D200	Ü.ARAŞTIRMA HASTAHANESİ
D159	RECEP TAYYİP ERDOĞAN PARKI	D201	Ü.GÜZEL SANATLAR
D160	RECEP TAYYİP ERDOĞAN SPOR KOMPLEKSİ	D202	ÜNİVERSİTE
D161	RROF. İHSAN DOĞRAMACI BULVARI	D203	ÜNİVERSİTE ANFİLER
D162	S.S.K.KAVŞAĞI	D204	ÜNİVERSİTE ARAŞTIRMA HASTAHANESİ
D163	SAKIP EFENDİ CAMİ	D205	ÜNİVERSİTE ESKİ YURTLAR
D164	SANAYİ	D206	ÜNİVERSİTE GİRİŞ
D165	SANAYİ GEÇİT	D207	ÜNİVERSİTE KAVŞAĞI
D166	SEVK İDARE	D208	ÜNİVERSİTE KORTLAR
D167	SOĞUKÇERMİK	D209	ÜNİVERSİTE YENİ YURTLAR
D168	SOSYAL BİLİMLER LİSESİ	D210	VALİLİK
D169	SÖĞÜTLÜ	D211	VALİLİK KARŞISI
D170	SSK KAVŞAĞI	D212	Y. EMRE ÖZ YUNUSLAR
D171	STAD	D213	Y.KENT A.TÜRKEŞ BULVARI
D172	STAD KAVŞAĞI	D214	Y.KENT EĞİTİM KURUMLARI
D173	SU DEPOSU	D215	Y.KENT KERVAN SARAY SİTELERİ
D174	ŞAIR NEFİ	D216	Y.KENT ONKATLILAR
D175	ŞEHİTLER	D217	Y.KENT SELİM EFENDİ CAMİİ
D176	ŞEKER FABRİKASI	D218	Y.KENT SELİMİYE CAMİ

Çizelge 4.1. (devam)

Durak Kodu	DURAKLAR
D219	Y.KENT SOSYAL BİLİMLER LİSESİ
D220	Y.ŞEHİR ALT YOL
D221	YAKUTİYE BELEDİYESİ
D222	YAKUTİYE BULVARI
D223	YAKUTİYE KAYMAKAMLIĞI
D224	YARIMCA
D225	YENİ MAHALLE
D226	YENİ YURTLAR
D227	YENİŞEHİR ALT YOL
D228	YENİŞEHİR AVM
D229	YENİŞEHİR AVM KARŞISI
D230	YENİŞEHİR TEMA AVM
D231	YENİŞEHİR ÜSTYOL
D232	YILDIZKENT
D233	YILDIZKENT SEVK İDARE
D234	YILDIZKENT TOKİLER
D235	YILDIZKENT ÜST YOL
D236	YILDIZKENT-10 KATLILAR
D237	YONCALIK
D238	YUKARI ASRI MEZARLIK
D239	YUNUS EMRE
D240	YUNUS EMRE CEMALİYE CAMİİ
D241	YÜKSEK İRTİFA KAMP MERKEZİ
D242	12. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
D243	23 TEMMUZ OKULU
D244	5 EVLER
D245	50.YIL CADDESİ
D246	D.100 KARAYOLU
D247	SANAYİ TOKİLER
D248	SEBZE HALİ
D249	SARAY BOSNA CADDESİ
D250	KAVAK KAPI KAVŞAĞI

4.2.2. Hatlar ve güzergâhları

Erzurum ilin de ulaşımı sağlayan kartlı sistemde toplam 35 hat mevcuttur. Bu hatların 12 adedi kuzey hattı olup K harfi ile temsil edilmektedir. 14 adedi güney hattı olup G

harfi ile temsil edilmektedir. 8 adedi batı hattı olup B harfi ile temsil edilmektedir. Son olarak 1 adedi doğu hattı olup D harfi ile temsil edilmektedir. Bu hatların gidiş dönüş güzergâhları ve uğradıkları duraklar EK.13’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

4.2.3. Hatlara göre duraklar arası geçen süreler ile inen yolcu sayıları

Hatların tur süreleri ve duraklar arası geçen süreler kardelen kart müdürlüğünden alınmış sistemdeki bazı birleştirilen duraklar için süreler revize edilmiştir. EK.7’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

4.2.4. Durak ağırlık katsayıları

Duraklarda inen yolcu sayıları belirlenirken EBB bünyesinde hizmet veren kardelen karttan alınan yolcu kayıtları ve yapılan gözlemler sonucunda inen yolcular tablolar halinde her hattın geçtiği duraklar için oluşturulmuştur. Durak ağırlık katsayıları oluşturulurken inen yolcu sayısı ve duraklardan geçen hat sayısına göre puanlama sistemi kullanılmıştır. Duraklarda ağırlık katsayıları hesaplanırken kardelen kart verileri neticesinde her durak için hesaplama o duraktan geçen hatların tek seferlerinde indirdiği yolcu sayısına sayısal puan verilmiş ayrıca o duraktan geçen hat sayısına göre de ayrı bir puan verilerek her iki puanın toplanması sonucunda durak ağırlık katsayıları oluşturulmuştur. Ağırlık katsayılarından duraklardan inen yolcu sayısı ve kardelen karttan alınan binen yolcuların duraklara dağıtımının yapılması konusunda yararlanılmıştır. İnen yolcu sayısı verileri incelenmiş ve duraklarda inen yolcu sayısı yoğunlaşmasına göre sayısal puan verilmiş ayrıca duraktan geçen hat sayısını da dikkate alıp her bir durak için ağırlık katsayısı hesaplanmıştır. Ağırlık katsayısı hesabı Çizelge 4.2’de ağırlık katsayıları da Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Durak ağırlık katsayı hesaplama yöntemi

Tek Seferde İnen Yolcu Aralığı	Sayısal Puanı
0-30 Arası	1
31-50 Arası	2
51-80 Arası	3
81-100 Arası	4
101-120 Arası	5
121-140 Arası	6
140 tan büyük	7
Duraktan Geçen Hat Sayısı	Sayısal Puanı
≤ 7	0
> 7	1
Durak Ağırlık Katsayısı = Durakta İnen Yolcu Sayısal Puanı + Duraktan Geçen Hat Sayısı Sayısal Puanı	

Çizelge 4.3. Duraklar için kullanılan ağırlık katsayıları

Durak Kodu	DURAKLAR	Ağırlık	Durak Kodu	DURAKLAR	Ağırlık
D1	ABDURRAHMANGAZI YURTları	5	D67	GEZ KÖY KAVŞAĞI	1
D2	ADAÇAY	1	D68	GEZ KÖY KIŞLASI	1
D3	ANAHTARCILAR	1	D69	GEZ MAHALLESİ	4
D4	ANFİLER	1	D70	GÖĞÜS HASTAHANESİ	2
D5	ARAÇ MUAYENE İSTASYONU	1	D71	GÜLAHMET	1
D6	AŞAĞI ASRI MEZARLIK	1	D72	GÜN SAZAK KAVŞAĞI	1
D7	ATLAMA KULELERİ	1	D73	GÜRCÜKAPI	8
D8	ATLAMA KULELERİ KARŞISI	1	D74	GÜZEL SANATLAR FAKÜLTESİ	1
D9	AZİZİYE BELEDİYESİ	2	D75	HACI SELİM EFENDİ CAMİİ	1
D10	AZİZİYE KIZ YURTları	1	D76	HAMİDİYE YURDU	1
D11	BAT PAZARI	1	D77	HASTAHANELER CADDESİ	2
D12	BEAH	3	D78	HAVALİMANI YOLU	2
D13	BEYAZ EVLER	1	D79	HAVUZBAŞI	7
D14	BİLALİ HABEŞ CAMİ	1	D80	HİLALKENT	1
D15	BOSNA CADDESİ	1	D81	HİLALKENT İTFAİYE	1
D16	BÖLGE EĞİTİM HASTAHANESİ	8	D82	HİLALKENT SEVK İDARE	1
D17	BÖLGE EĞİTİM KARŞISI	4	D83	İLİCA MERKEZ	1
D18	BÖLGE İDARE MAHKEMESİ	1	D84	İLİCA SANAYİ	1
D19	BÖREKLİ	1	D85	İLİCA SEVK İDARE	1
D20	BUHARA HASTAHANESİ	1	D86	İKDİSAT FAKÜLTESİ	2
D21	BUHARA TIP MERKEZİ KARŞISI	1	D87	İL TURİZM MÜDÜRLÜĞÜ	2
D22	BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	5	D88	İLHAK KÜTÜPHANESİ	1
D23	CADDE POSTANE	2	D89	İMAM HATİP LİSESİ	1
D24	CEDİD - DEMİRCİLER	1	D90	İSTANBUL KAPI	1
D25	CEDİD	1	D91	İSTASYON SEVK İDARE	1
D26	CEMALİYE CAMİ	1	D92	İSTASYON	3
D27	CUMHURİYET CADDESİ	6	D93	İTAFİYE-TOKİLER	2
D28	ÇAT YOLU	1	D94	İTFAİYE	1
D29	ÇAYKUR	1	D95	K.K. BEKİR İMAM HATİP ORTAOKULU	1
D30	ÇİFTLİK	1	D96	K.SARAY SİTELERİ	1
D31	ÇUKUR EVLER	1	D97	KARAYOLLARI BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ	2
D32	D.100 KARAYOLU STAD	1	D98	KARAYOLLARI E-80	1
D33	D.KENT POSTANE	1	D99	KARS KAPI	1
D34	D.S.İ YOLU	1	D100	KAVAK CAMİİ	1
D35	D-100 KARAYOLU – KÖŞK	1	D101	KAVAK MAHALLESİ	1
D36	DADAŞ EVLER	1	D102	KAYAKYOLU	1
D37	DADAŞKENT	1	D103	KAYAKYOLU SEVK İDARE	1
D38	DADAŞKENT SEVK İDARE	1	D104	KAZIM KARABEKİR MESLEK LİSESİ	1
D39	DADAŞKENT-TARIKTAR	1	D105	KAZIM YURDALAN	1
D40	DADAŞKÖY CADDESİ	1	D106	KERVANSARAY SİTELERİ	1
D41	DADAŞKÖY YOLU	1	D107	KIZ MESLEK LİSESİ	2
D42	DEDE EFENDİ CAMİ	1	D108	KOLORDU	1
D43	DEMİRCİLER	1	D109	KOMBİNA	1
D44	DEMİREVLER	1	D110	KONAKLI	1
D45	DIŞÇILIK	1	D111	KONGRE CADDESİ	2
D46	DUMLU	1	D112	KÖMÜRCÜLER	1
D47	DUTÇU MAHALLESİ	1	D113	KÖŞK	1
D48	EBU İSHAK CAMİ	1	D114	KUDAKA	2
D49	ECZANELER	1	D115	KURT DERESİ	1
D50	EDİP SOMUNOĞLU	1	D116	KUZEY ÇEVRE YOLU SANAYİ	1
D51	EĞİTİM FAKÜLTESİ KARŞISI	2	D117	KÜMEEVLER	1
D52	EĞİTİM FAKÜLTESİ	4	D118	LALAPAŞA CAMİİ	4
D53	ERTUĞRUL GAZİ SAĞLIK OCAĞI	1	D119	LAZ KOMU	1
D54	ERZURUM LİSESİ	7	D120	LIBYA CADDESİ	1
D55	İMAM HATİP	1	D121	MAHALLEBAŞI	3
D56	ESKİ ARAŞTIRMA HASTANESİ POLİKLİNİKLER	2	D122	MAKSUT EFENDİ	1
D57	ESKİ AZİZİYE HASTANESİ	1	D123	MALİYE-ADLIYE-BELEDİYE	2
D58	ESKİ BAT PAZARI	1	D124	MARAŞAL DEVLET HASTANESİ	2
D59	ESKİ HAVALİMANI YOLU	1	D125	MENDERES CADDESİ	2

Çizelge 4.3. (devam)

Durak Kodu	DURAKLAR	Ağırlık	Durak Kodu	DURAKLAR	Ağırlık
D126	MEVLANA CADDESİ	1	D189	TEKEDERESİ	1
D127	MİGROS KAVŞAĞI	2	D190	ÇAT	1
D128	MİLLİ EGEMENLİK CADDESİ	2	D191	TELSİZLER KAVŞAĞI	2
D129	MNG AVM	4	D192	TEPE KÖY	1
D130	MNG AVM KARŞISI	2	D193	TEBRİZKAPI	2
D131	N.TOPÇU YURT KARŞISI - SEBZE HALI	1	D194	TERMINAL MAHALLESİ	3
D132	NALBANT OĞLU	1	D195	TINAZLI	1
D133	NENE HATUN HASTAHANESİ	2	D196	TİCARET LİSESİ	1
D134	NENEHATUN EVLER	1	D197	TORTUM YOLU	1
D135	NENEHATUN GÖĞÜS HASTAHANESİ	2	D198	TRT	1
D136	NENEHATUN KADIN DOĞUM HASTAHANESİ	2	D199	ULU CAMİİ	2
D137	NENEHATUN KIZ LİSESİ	1	D200	Ü.ARAŞTIRMA HASTAHANESİ	5
D138	NENEHATUN SİTESİ	1	D201	Ü.GÜZEL SANATLAR	2
D139	NURETTİN TOPÇU YURDU	4	D202	ÜNİVERSİTE	5
D140	OLİMPİYAT KÖPRÜ	1	D203	ÜNİVERSİTE ANFİLER	2
D141	OLİMPİYAT PARKI	2	D204	ÜNİVERSİTE ARAŞTIRMA HASTAHANESİ	4
D142	ORGANİZE SANAYİ	1	D205	ÜNİVERSİTE ESKİ YURTULAR	2
D143	OSMAN GAZİ SAĞLIK OCAĞI	1	D206	ÜNİVERSİTE GİRİŞ	4
D144	OTOGAR	2	D207	ÜNİVERSİTE KAVŞAĞI	3
D145	ÖZEL HAREKAT	1	D208	ÜNİVERSİTE KORTLAR	2
D146	ÖZYUNUSLAR	1	D209	ÜNİVERSİTE YENİ YURTULAR	3
D147	PAKMAYA	1	D210	VALİLİK	2
D148	PALANDÖKEN CADDESİ	1	D211	VALİLİK KARŞISI	2
D149	PALANDÖKEN DEVLET HASTAHANESİ	2	D212	Y. EMRE ÖZ YUNUSLAR	1
D150	PAŞALAR CADDESİ	2	D213	Y.KENT A.TÜRKER BULVARI	1
D151	PİR ALİ BABA CAMİİ	1	D214	Y.KENT EĞİTİM KURUMLARI	1
D152	POLİS EVİ	2	D215	Y.KENT KERVAN SARAY SİTELERİ	1
D153	POLİS OKULU	2	D216	Y.KENT ONKATILAR	1
D154	POLİS OKULU KARŞISI	1	D217	Y.KENT SELİM EFENDİ CAMİİ	1
D155	POSTANE	2	D218	Y.KENT SELİMİYE CAMİ	1
D156	PROF. RECEP AKDAĞ BULVARI	1	D219	Y.KENT SOSYAL BİLİMLER LİSESİ	1
D157	RABİA ANA- PAYLAŞIM YURTULAR	2	D220	Y.SEHİR ALT YOL	2
D158	RECEP TAYYİP ERDOĞAN FUAR MERKEZİ	1	D221	YAKUTİYE BELEDİYESİ	2
D159	RECEP TAYYİP ERDOĞAN PARKI	1	D222	YAKUTİYE BULVARI	1
D160	RECEP TAYYİP ERDOĞAN SPOR KOMPLEKSİ	1	D223	YAKUTİYE KAYMAKAMLIĞI	1
D161	RROF. İHSAN DOĞRAMACI BULVARI	1	D224	YARIMÇA	1
D162	S.S.K.KAVŞAĞI	2	D225	YENİ MAHALLE	1
D163	ŞAKİP EFENDİ CAMİ	2	D226	YENİ YURTULAR	1
D164	SANAYİ	2	D227	YENİŞEHİR ALT YOL	2
D165	SANAYİ GEÇİT	1	D228	YENİŞEHİR AVM	3
D166	SEVK İDARE	1	D229	YENİŞEHİR AVM KARŞISI	3
D167	SOĞUKÇERMİK	1	D230	YENİŞEHİR TEMA AVM	2
D168	SOSYAL BİLİMLER LİSESİ	1	D231	YENİŞEHİR ÜSTYOL	2
D169	SÖĞÜTLÜ	1	D232	YILDIZKENT	1
D170	SSK KAVŞAĞI	1	D233	YILDIZKENT SEVK İDARE	1
D171	STAD	2	D234	YILDIZKENT TOKİLER	1
D172	STAD KAVŞAĞI	1	D235	YILDIZKENT ÜST YOL	1
D173	SU DEPOSU	1	D236	YILDIZKENT-10 KATILAR	1
D174	ŞAIR NEFİ	1	D237	YONCALIK	4
D175	ŞEHİTLER	1	D238	YUKARI ASRI MEZARLIK	1
D176	ŞEKER FABRİKASI	1	D239	YUNUS EMRE	2
D177	ŞİH KÖYÜ	1	D240	YUNUS EMRE CEMALİYE CAMİİ	1
D178	ŞÜKRÜPAŞA 5 EVLER	1	D241	YÜKSEK İRTİFA KAMP MERKEZİ	1
D179	ŞÜKRÜPAŞA ANADOLU LİSESİ	1	D242	12. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ	2
D180	ŞÜKRÜPAŞA CAMİİ	1	D243	23 TEMMUZ OKULU	1
D181	ŞÜKRÜPAŞA HAMİDİYE CAMİİ	1	D244	5 EVLER	1
D182	TARIKTAR	1	D245	50.YIL CADDESİ	1
D183	TARİMSAL ARAŞTIRMA	1	D246	D.100 KARAYOLU	2
D184	TAŞAMBARLAR	1	D247	SANAYİ TOKİLER	1
D185	TAŞHAN	2	D248	SEBZE HALI	1
D186	TEDAŞ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ	1	D249	SARAY BOSNA CADDESİ	2
D187	TEDAŞ LOJMANLARI	1	D250	KAVAK KAPI KAVŞAĞI	1
D188	TEDAŞ	1			

4.2.5. Mart ayı yolcu sayıları

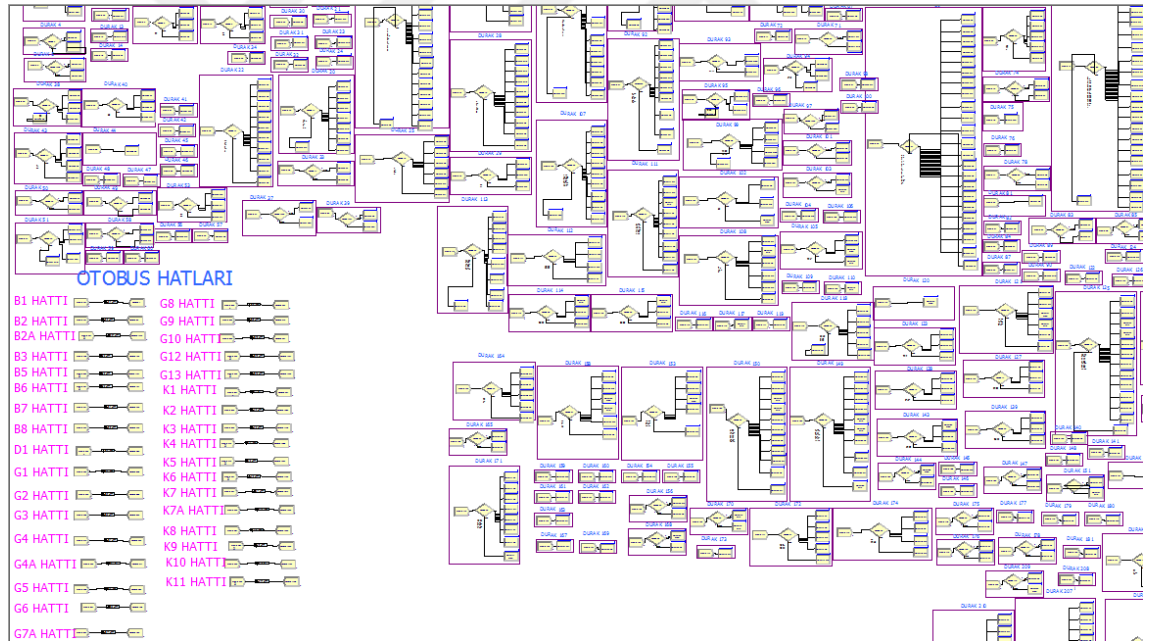
EBB kardelen karttan alınan veriler 2018 yılı mart ayı içerisindeki günlük yolcu sayıları saatlik çizelge şeklinde alınmıştır. Alınan veriler belirlenen ağırlık katsayıları dikkate alınarak durakların hatlar için saatlik çizelgeleri oluşturulmuştur. Aylık ortalama yolcu sayısı Çizelge 4.4’de haftalık ortalama yolcu sayıları Ek 8’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Aylık ortalama yolcu sayısı

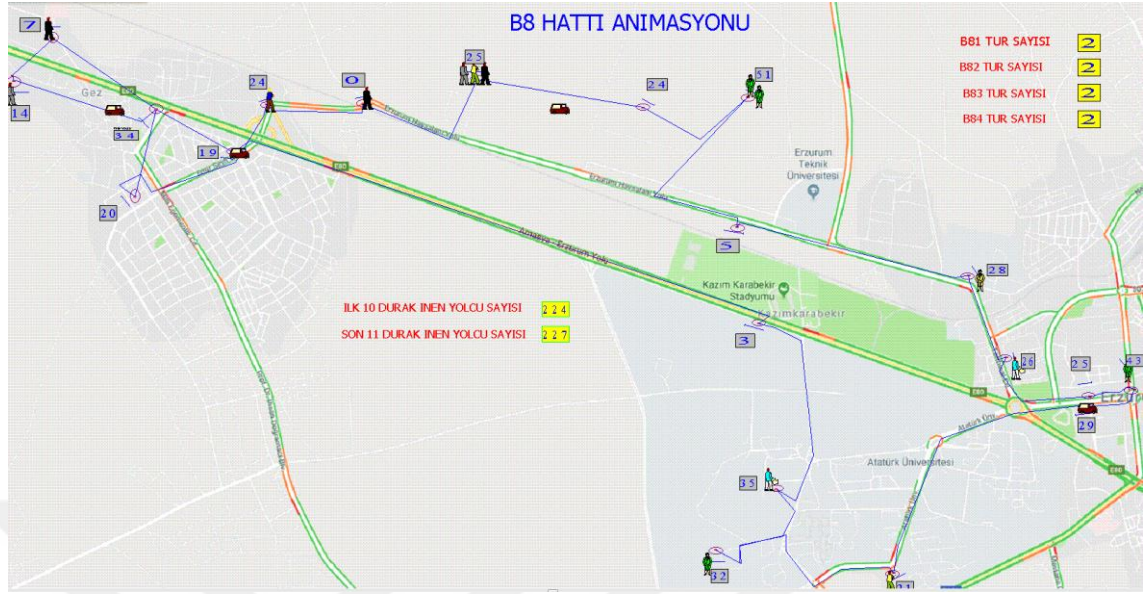
Hat Adı/Saatlik Yolcu	Saat	Hatlardaki Saatlik Yolcu Sayıları																
		07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00	22.00-23.00	23.00-00.00
Hat Adı	Topla Adet																	
B2-DADAŞKENT - ŞEHİRMERKEZİ	6008	787	393	295	197	393	492	393	197	246	442	688	393	295	197	344	197	29
B3-DADAŞKENT-ŞEHİR MERKEZİ	6138	804	402	301	201	402	502	402	201	251	452	703	402	301	201	352	201	20
B5-SEHIR MERKEZİ-ŞÖĞÜTLÜ KÖYÜ	354	46	23	17	12	23	29	23	12	14	26	41	23	17	12	20	12	3
B6-D.KENT-Y.KENT	2386	312	156	117	78	156	195	156	78	98	176	273	156	117	78	137	78	23
B7-İLICA-D.KENT	3527	462	231	173	115	231	289	231	115	144	260	404	231	173	115	202	115	35
B1-İLICA-ERZURUM	5854	766	383	287	192	383	479	383	192	240	431	671	383	287	192	335	192	57
D1-YONCALIK-M.EFENDİ	1152	151	75	57	38	75	94	75	38	47	85	132	75	57	38	66	38	11
G1-Y.EMRE-ÜNİ.	8577	1123	562	421	281	562	702	562	281	351	632	983	562	421	281	491	281	34
G2-YONC-SUDEPOSU	506	66	33	25	17	33	41	33	17	21	37	58	33	25	17	29	17	5
G3-Y.KENT 10KATILAR	7460	977	488	366	244	488	610	488	244	305	549	855	488	366	244	427	244	40
G4-KAYAKYOLU-YENİŞEHİR	5141	673	337	252	168	337	421	337	168	210	379	589	337	252	168	295	168	35
G5-YONCALIK-K.YOLU	3032	397	198	149	99	198	248	198	99	124	223	347	198	149	99	174	99	30
G6-İSTASYON	1390	182	91	68	45	91	114	91	45	57	102	159	91	68	45	80	45	14
G7-YONCALIK-YILDIZKENT	3815	499	250	187	125	250	312	250	125	156	281	437	250	187	125	219	125	37
G8-YNC-DUTÇU K	933	122	61	46	31	61	76	61	31	38	69	107	61	46	31	53	31	9
G9-H.KENT-Y.KENT	11874	1555	767	583	389	787	972	777	389	486	874	1360	777	583	389	680	389	60
G10-Y.EMRE-M.BAŞI-K.YURDALAN	2547	333	167	125	83	167	208	167	83	104	188	292	167	125	83	146	83	25
K1-DADAŞKÖY-KAN YOLU	1477	193	97	73	48	97	121	97	48	60	109	169	97	73	48	85	48	15
K2-İBRAHİM HAKKI-TEAŞ	7232	947	473	355	237	473	592	473	237	296	533	829	473	355	237	414	237	35
K3-HILAKENT-TORTUM YOLU	4710	617	308	231	154	308	385	308	154	193	347	540	308	231	154	270	154	46
K4-YONCALIK	2490	326	163	122	81	163	204	163	81	102	183	285	163	122	81	143	81	24
K5-YONC-ŞEHİTLER	591	77	39	29	19	39	48	39	19	24	43	68	39	29	19	34	19	6
K6-YONCALIK-ŞEHİTLER	673	88	44	33	22	44	55	44	22	28	50	77	44	33	22	39	22	7
K7-S.PAŞA-A.ÜNİVERSİTE	3065	401	201	151	100	201	251	201	100	125	226	351	201	151	100	176	100	30
K8-DUMLU-ERZURUM	890	117	58	44	29	58	73	58	29	36	66	102	58	44	29	51	29	9
G 12 ŞEHİR MERKEZİ KONAKLI TESİSLERİ	171	22	11	8	6		11	14	6	7	13	20	11	8	6	10	6	2
K9-ÇİFTLİK KÖYÜ Ş.MERKEZİ	212	28	14	10	7	14	17	14	7	9	16	24	14	10	7	12	7	2
G4-A MAHALLEBAŞI-TERMINAL	2357	309	154	116	67	154	193	154	77	96	174	270	154	116	87	135	77	23
G13 CAĞ-Merkez	158	21	10	8	5	10	13	10	5	6	12	18	10	8	5	9	5	2
K10-ŞÜKRÜPAŞA-UNİ	1920	251	126	94	63	126	157	126	63	79	141	220	126	94	63	110	63	19
K7-A H.KENT AVİM B8 N.TOPÇU-ERZURUM	2170	284	142	107	71	142	178	142	71	89	160	249	142	107	71	124	71	21
B2/A D.KENT	994	130	65	49	33	65	81	65	33	41	73	114	65	49	33	57	33	10
G7/A Y.KENT/MNG AVİM	1420	186	93	70	46	93	116	93	46	58	105	163	93	70	46	81	46	14
Toplam	104192																	
05.03.2018-01.04.2018 Aylık Ortalama																		

4.2.6. Mevcut durumun arena programında simülasyonu

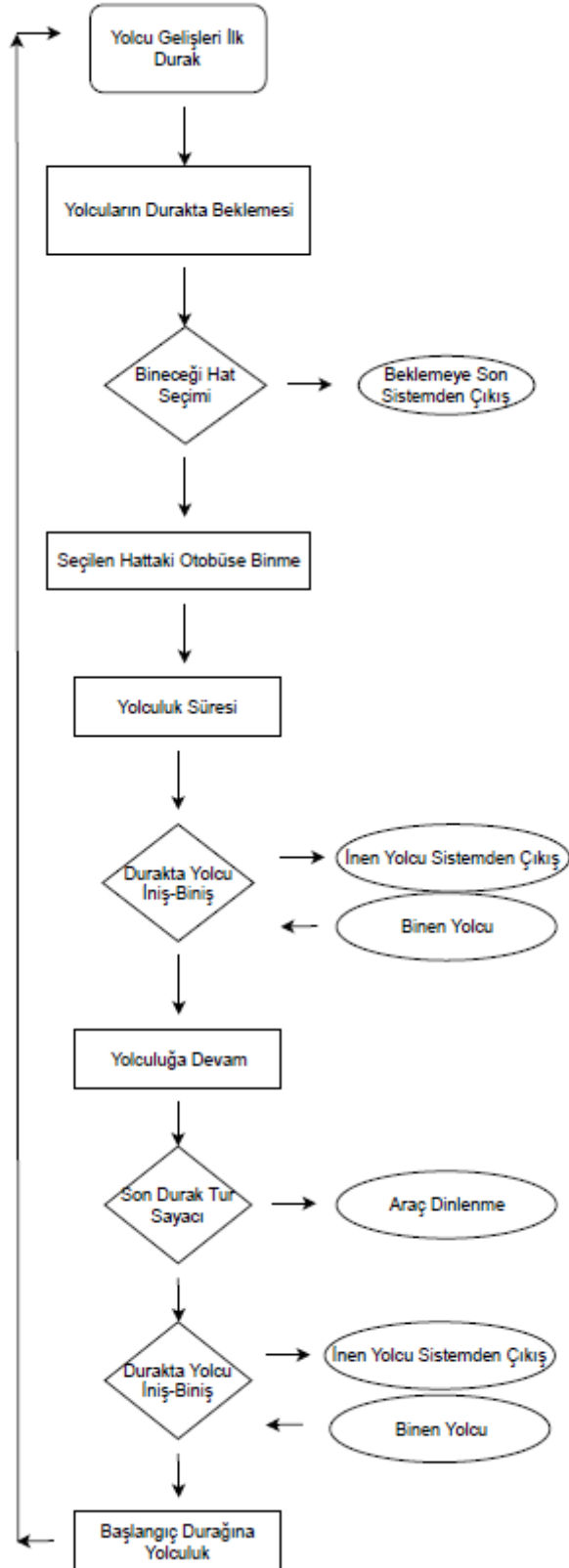
Öncelikle programda 250 adet durak ve duraklardan geçen her bir hat için ayrı kuyruklar oluşturulmuştur. Duraklara gelen yolcular eldeki veriler neticesinde saatlik çizelgelere göre türetilmiştir. Duraklardan geçen hatlar için gelen yolcular veriler üzerinden elde edilen yüzdelik dilimlere göre kuyruklara ayrılmıştır. Sistemde 14 adet G hattı, 12 adet K hattı, 8 adet B hattı ve 1 adet D hattı olmak üzere 35 adet hattın simülasyonu yapılmıştır. Her bir hat için geçtiği duraklar, inen yolcu sayısı, duraklar arası süre, tur sayısı ve tur süresi verilerden elde edilerek mevcut sistem Arena programında Şekil 4.3’de görüldüğü modellenmiş ayrıca Şekil 4.4’de olduğu gibi B8 hattı için animasyon yapılmış ve Şekil 4.5’de ise sistemin akış şeması verilmiştir.



Şekil 4.3. Arena programının genel görünüşü



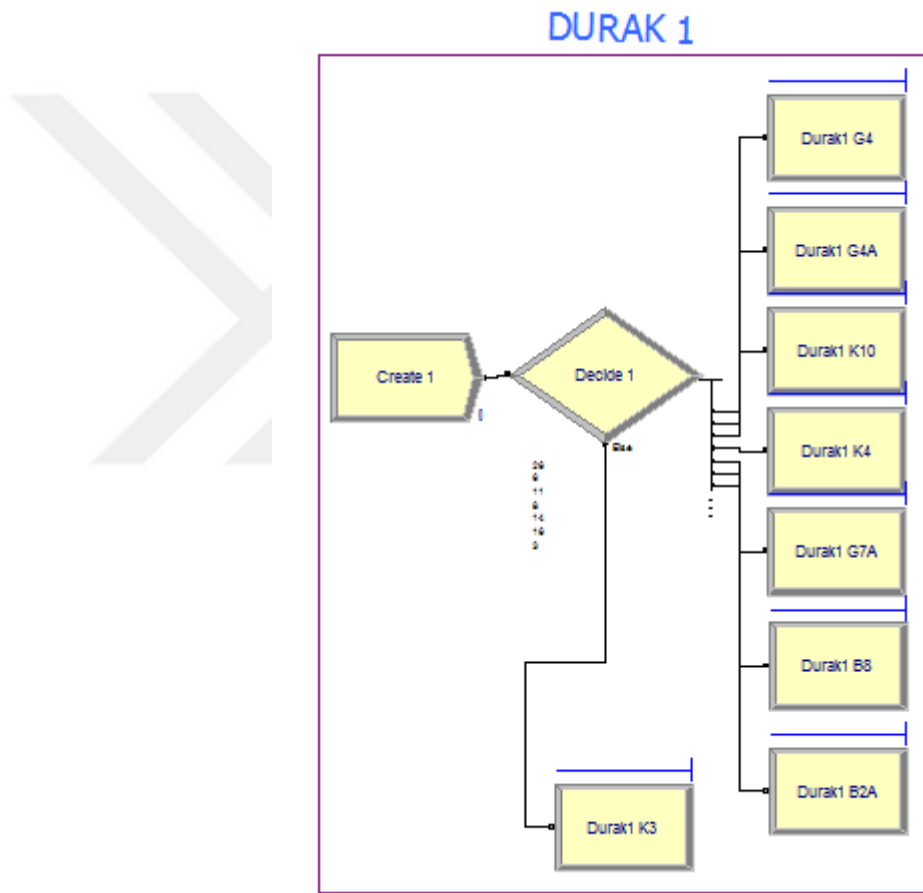
Şekil 4.4. B8 hattı animasyon görünümü



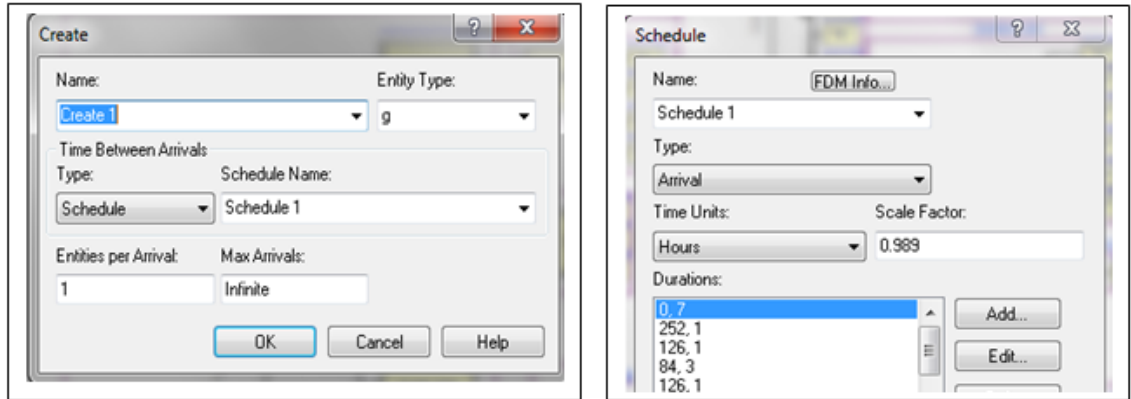
Şekil 4.5. Sistemin akış şeması

4.2.6.a. Duraklar için kullanılan modüller

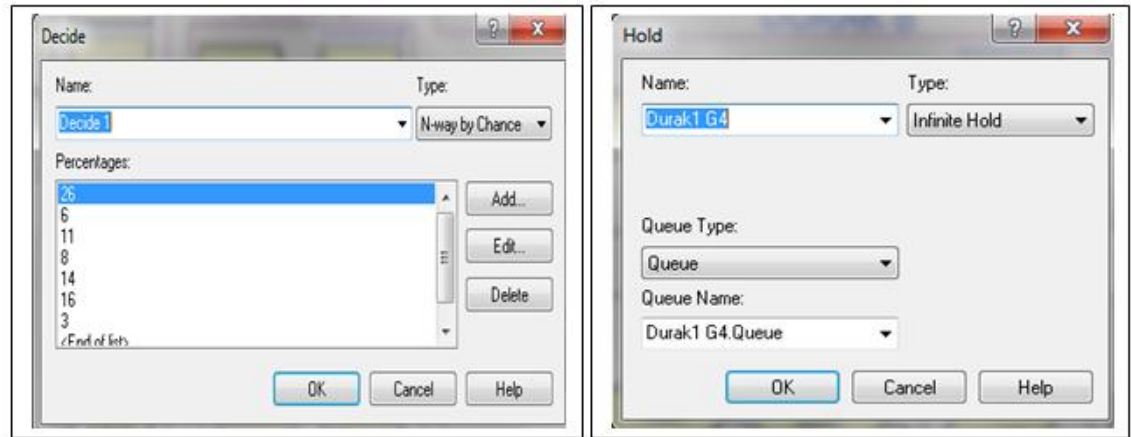
Sistemde durak için üç farklı modül kullanılmıştır. Yolcu gelişlerini sağlamak için “create” modülü, hat seçimi için “decide” modülü ve kuyruk oluşturmak için ise “hold” modülü kullanılmıştır. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Create modülünün içinde yolcu gelişleri çizelge kullanılarak türetilmiştir.



Şekil 4.6. Programda duraklar için kullanılan modüller



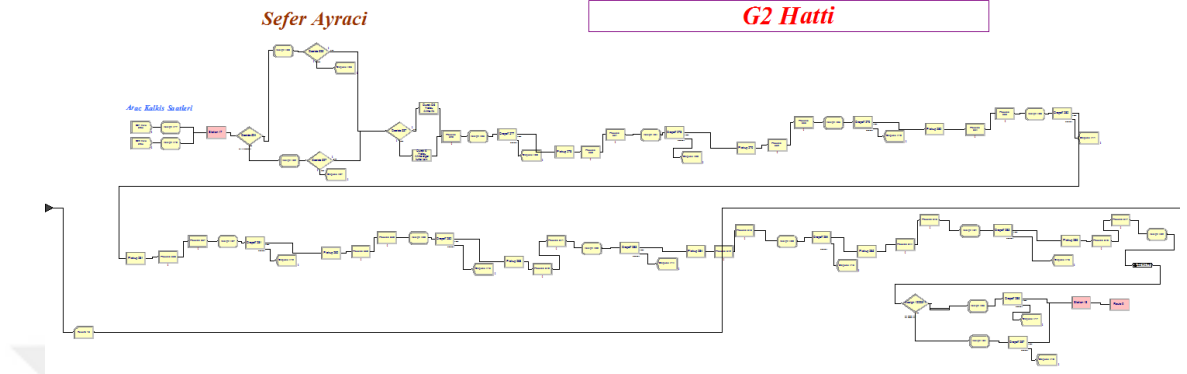
Şekil 4.7. Duraklarda kullanılan modül içerikleri



Şekil 4.7. Duraklarda kullanılan modül içerikleri (devam)

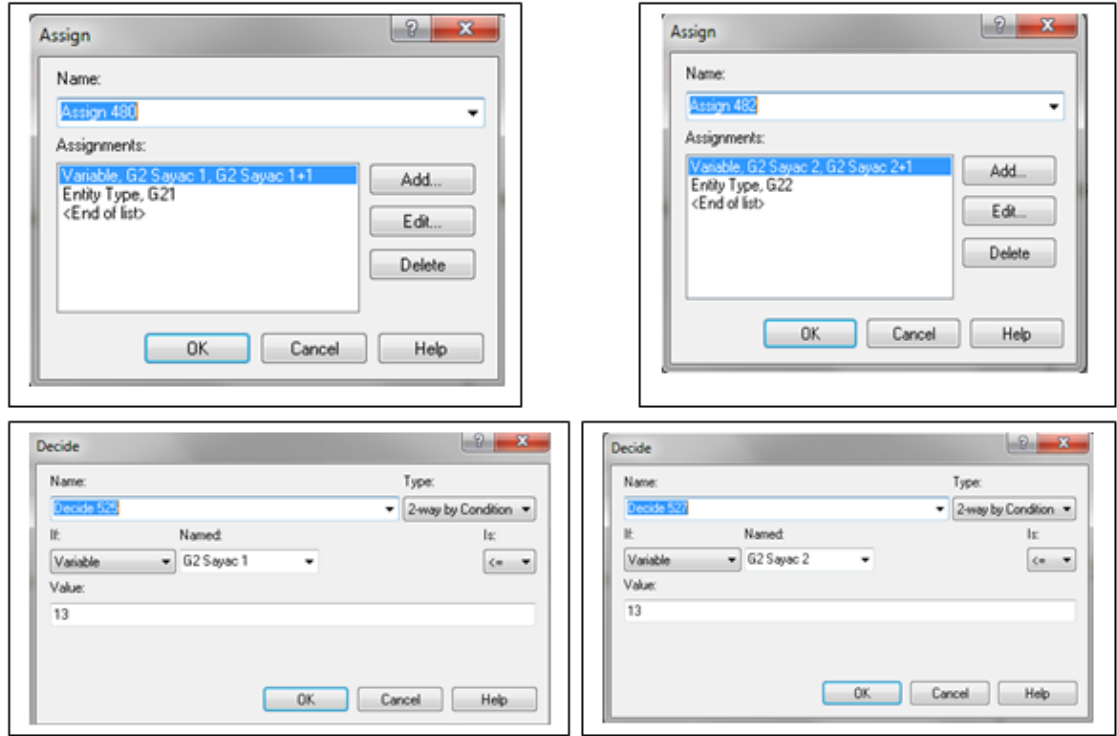
Decide modülünde duraktan geçen hat sayısına göre çoklu seçim tercih edilmiş ve yüzdelik dilimler duraktaki yolcu sayılarına göre belirlenmiştir. Hold modülünde ise duraklarda hatlar için ayrı ayrı kuyruklar oluşturulmuştur.

4.2.6.b. Hatlar için kullanılan modüller



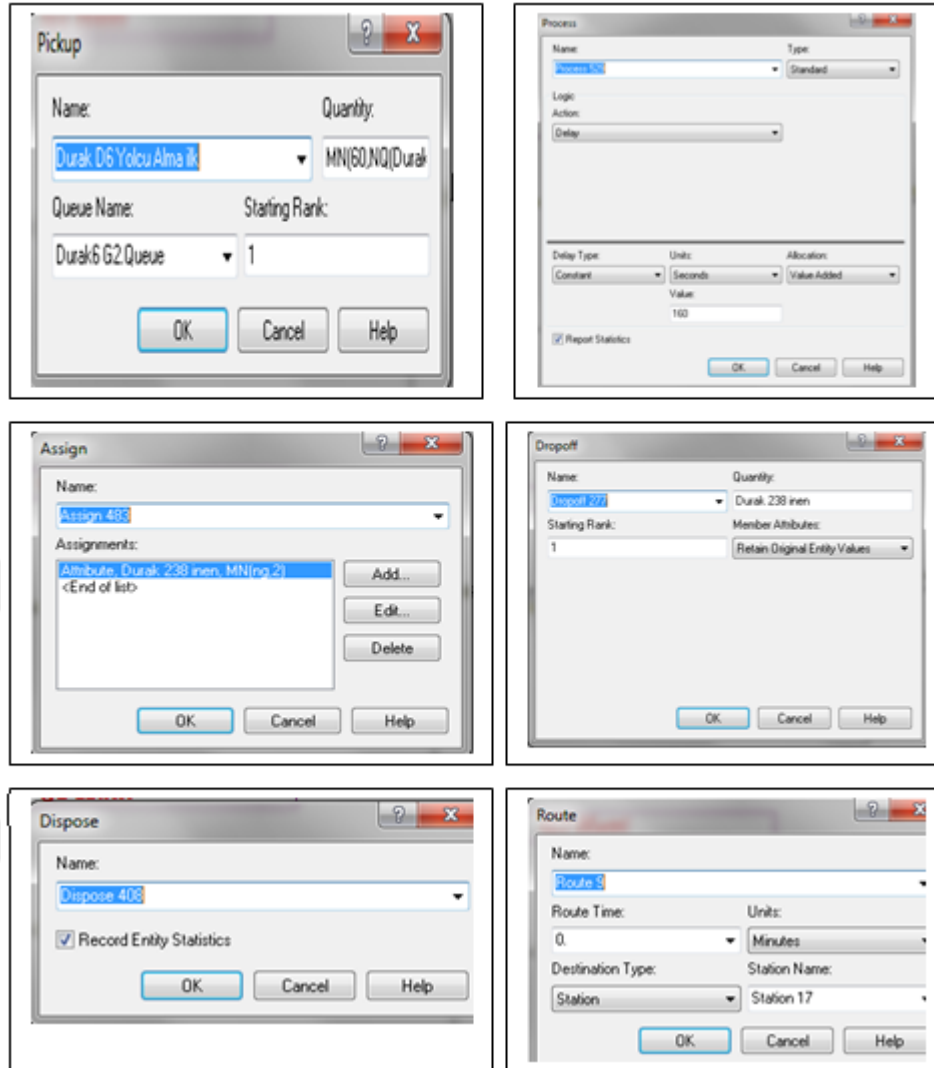
Şekil 4.8. Programda hatlar için kullanılan modüller

Şekil 4.8’de gösterildiği gibi hatların simülasyonu yapılırken submodel kullanılmıştır. Araçlar için “create” modülü kullanılmış olup hatta bulunan araç sayısı kadar create modülü kullanılmış ve her aracın kalkış saati modülün içinde belirtilmiştir. Daha sonra her araç için “assign” modülü kullanılarak özellik ataması Şekil 4.9’da gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 4.9. Hatlarda kullanılan modül içerikleri

Daha sonra tur sistemini çalıştırmak adına “station” modülü kullanılmıştır. Hattaki araçların özelliğine göre ayırmak için “assign” modülünden yararlanılmıştır. Assign modülü kullanılarak hatta ayrılan her bir araç için girdi tipi ve sayaç tanımlanmıştır. Her bir araç için tur sayılarını belli eden ve sistemden dışarı çıkarmak için “create” modülünden yararlanılmıştır.



Şekil 4.9. Hatlarda kullanılan modül içerikleri(devam)

Sırası ile yolcu almak için “pickup” modülü, iki durak arası geçen zaman için “process” modülü durakta inen yolcu özelliği için “assign” modülü assign modülünde belirlenen yolcunun inmesi için “dropoff” modülü ve inen yolcunun sistemden çıkması için “dispose” modülü kullanılmıştır. Pickup modülü ile ilgili durakta “hold” modülünde kuyrukta bekleyen yolcu alımı yapılır. Burada kıyaslama boş kapasite ile kuyruktaki sayı kıyaslanır küçük olan tercih edilir. Dropoff modülünde ise “assign” modülünde tanımlanan özelliğe göre yolcu indirilmesi sağlanır ve “record” modülü ile veriler kayıt edilir. Hat için tüm güzergâhtaki tüm duraklar için bu sistem uygulanır. En son duraktan sonra tekrar “create” modülü ile araçlar için son tur ayırımı yapılarak son turda ve son

durak da araçtaki tüm yolcuların inmesi sağlanır. Bu işlemin peşine “station” ve “route” modülleri eklenerek hat modellemesi bitirilir. Route modülü kullanılan iki istasyon arasındaki döngüyü sağlamak için kullanılmıştır. Simülasyon işlemi tüm hat ve duraklar bittikten sonra replikasyon sayısı 10 olacak şekilde çalıştırılmıştır.

4.3. Mevcut Durum Değerlendirme

Arena çıktıları incelendiğinde sistemde günlük 104.400 yolcu toplu ulaşımdan yararlanmaktadır. Tüm duraklar için hatlardaki araçların beklenme süreleri gelen yolcu bakımından yoğun duraklar, yoğun hatlar araç doluluk durumları ve bekleme süreleri bakımından tüm hat ve duraklar incelenmiştir. Sistemin simülasyonu yapılırken dikkate aldığımız yolcu bekleme süresi, bekleyen sayısı ve doluluk durumları raporları dikkate alınarak sistem çıktıları incelendiğinde kuyrukta bekleme süreleri fazla olan hatlar genel olarak tur sürelerinin diğer hatlara göre fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kuyrukta bekleyen sayısının fazla olduğu duraklar incelendiğinde ise bazı duraklar için duraktan geçen hat sayısının az olduğu bazı duraklar için ise ulaşımın fazla olduğu güzergâh yönünde geçen hat sayısının az olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut durum incelendiğinde araç doluluk oranları kıyaslaması yapılarak Çizelge 4.5’de gösterildiği gibi çok yoğun olan hatlar ve az yoğun olan hatlar belirlenmiştir. Bu belirleme neticesinde az yoğun hat olarak K5, K10 ve G7A hatları belirlenmiş, B6, B8 ve G1 hatları ise çok yoğun hat olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.6’da gösterilmiştir. Alternatif senaryo sonucunda eşleşen hatlardaki doluluk oranları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Araç doluluk oranları

Hat Adı	Toplam Yolcu Sayısı	Araç Sayısı	Toplam Tur Sayısı	Tur Başına Düşen Kişi Sayısı
B1	5854	9	88	67
B2	6008	22	218	28
B2A	1140	4	32	36
B3	6138	22	218	28
B5	354	1	10	35
B6	2608	4	35	75
B7	3527	6	58	61
B8	2973	4	40	74
D1	1152	3	32	36
G1	8577	12	118	73
G2	506	2	25	20
G3	7460	14	110	68
G4	5141	8	85	60
G5	3032	9	114	27
G4A	2357	5	35	67
G6	1390	5	54	26
G7	3750	14	79	47
G8	933	3	30	31
G9	11874	20	165	72
G10	2547	6	47	54
G12	171	1	3	57
G13	158	1	3	53
K1	1477	3	40	37
K2	7232	13	119	61
K3	4710	10	74	64
K4	2490	4	51	49
K5	591	4	42	14
K6	873	3	42	21
K7	3065	6	50	61
K7A	2170	5	36	60
K8	890	2	15	59
K9	212	1	10	21
K10	1850	7	96	19

Çizelge 4.6. Hat eşleştirme

Yoğunluk Durumu	Eşleştirilen Hatlar	Ortak Durak
Az Yoğun	G7A	D158
Çok Yoğun	B8	
Az Yoğun	K5	D73
Çok Yoğun	G1	
Az Yoğun	K10	D22
Çok Yoğun	B6	

Çizelge 4.7. Alternatif model eşleşme sonucu değişen araç doluluk oranları

Alternatif Senaryo Değişen Araç Doluluk Oranları				
Hat Adı	Toplam Yolcu Sayısı	Araç Sayısı	Toplam Tur Sayısı	Tur Başına Düşen Kişi Sayısı
B6	2608	5	43	61
B8	2973	5	48	62
G1	8577	13	130	66
G7A	1420	13	113	13
K10	1850	6	83	22

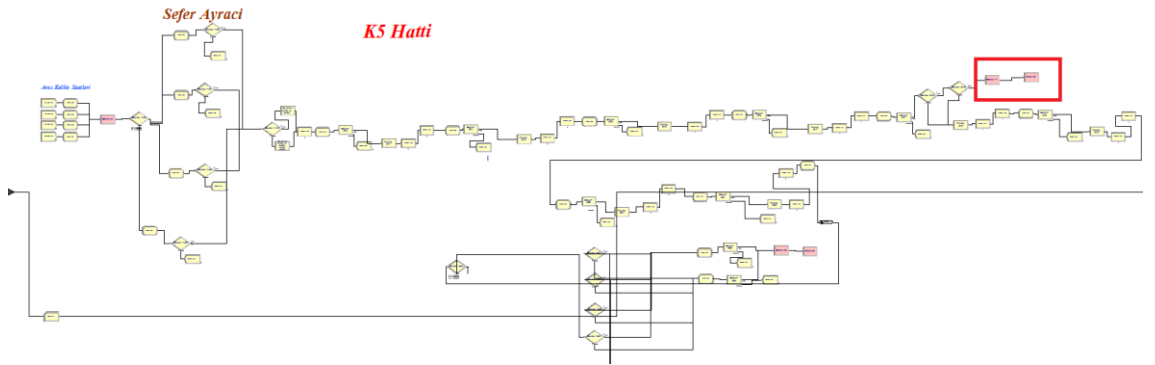
4.4. Alternatif Model

Sistem çıktıları incelenip araç doluluk durumları kıyaslanarak az yoğun ve çok yoğun hatlar gözlemlenmiştir. Az yoğun olan 3 hattan çok yoğun olan hatlara araç ataması yapılmıştır. Çizelge 4.6’da gösterildiği gibi az yoğun ve çok yoğun olan hatlar arasında ortak güzergâh durumlarına göre eşleştirme yapıp yoğunluğu az olan hattaki bir aracın kendi hattındaki turundan sonra diğer hatta geçişi sağlanmıştır. Çizelge 4.7’de ise alternatif senaryo sonrasında eşleşen hatlardaki araç doluluk oranları verilmiştir.

Az yoğun hat olarak G7A-K5-K10, çok yoğun hat olarak ise B8-G1-B6 hatları belirlenmiştir. Bu hatlar arasında ikili eşleştirme ortak durak durumuna göre belirlenmiştir. Eşleştirme yapılırken her hattın sefer başlayan son aracı dikkate

alınmıştır. Mevcut hattaki bekleme sürelerinin fazla değişmemesi adına tur süresine göre bir veya iki tur attıktan sonra ortak durağa gelince eşleştiği diğer hattın güzergâhıyla devam edip o hattın yolcusunu almaktadır. Alternatif modelde mevcut modele göre eşleşen hatlarda bazı değişiklikler yapılmıştır. Az yoğun hatlarda ortak durağa gelmeden önce programda Şekil 4.10’da görüldüğü gibi “decide” modülüyle diğer hatta gidecek araç ayrımı yapılmıştır. Şekil 4.11’de tekrar bir “decide” modülüyle mevcut hatta kaç tur atmasını sağlayan karar sistemi oluşturulmuştur ve “decide” modülü “station” modülüne bağlanmış ve oda “route” modülüne bağlanarak mevcut hattın diğer hatta geçişi sağlanmıştır. Çok yoğun hatlarda ise mevcut modele göre ilk istasyona bağlı “decide” modülü yani sefer ayracı yapan karar modülünde bir ekleme yapılarak az yoğun hattın gelen araç içinde sefer ayracı eklenmiştir.

Çok yoğun hattaki diğer bir değişim ise ortak duraktan yolcu alan “pickup” modülünden önce “station” modülü eklenmiştir.



Şekil 4.10. Alternatif model K5 hattı



Şekil 4.11. Alternatif model G1 hattı

4.4.1. Alternatif model çıktısı ve raporlar

Alternatif modelde mevcut model gibi Arena programında 10 replikasyonlu çalıştırılıp sonunda sistemde toplu ulaşımdan yararlanan 104.448 kişi olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen performans kriteri olan araç doluluk oranlarına göre hat eşleştirilmesi sonucunda araç hatlar arası araç kaydırılması yapılan B6, B8 ve G1 hatları için alternatif sistem çıktısı Çizelge 4.8, Çizelge.4.9 ve Çizelge 4.10'da bazı duraklar için performans kriterleri verilmiştir.

Çizelge 4.8. B6 hattı için kıyaslama

B6 Hattı							
Durak Adı		Mevcut			Alternatif		
D72	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
	Bekleme Zamanı	0.0022	0.47	0.23	0.002	0.45	0.20
	Bekleyen Sayısı	0	2	0.4	0	2	0.35
D88	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
	Bekleme Zamanı	0.0087	0.4788	0.2676	0.0080	0.47	0.2435
	Bekleyen Sayısı	0	4	0.49	0	4	0.4435

Çizelge 4.9. B8 hattı için kıyaslama

B8 Hattı							
Durak Adı		Mevcut			Alternatif		
	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
D61	Bekleme Zamanı	0.005	0.2571	0.1379	0.0003	0.2571	0.1322
	Bekleyen Sayısı	0	8	0.8717	0	8	0.8095
	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
D86	Bekleme Zamanı	0.001814	0.5905	0.1501	0.0018	0.5905	0.1454
	Bekleyen Sayısı	0	14	0.8059	0	14	0.7755
	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama

Çizelge 4.10. G1 hattı için kıyaslama

G1 Hattı							
Durak Adı		Mevcut			Alternatif		
	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
D73	Bekleme Zamanı	0.00035	0.4879	0.0532	0.00025	0.4643	0.0487
	Bekleyen Sayısı	0	16	1.6517	0	11	1.1552
	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
D97	Bekleme Zamanı	0.0005	0.5725	0.0647	0.0005	0.5725	0.0611
	Bekleyen Sayısı	0	7	0.4613	0	7	0.4331
	Saat	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama

Alternatif model ile mevcut model için belirlenen performans kriterleri sonuçlarının anlamlılık testi bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır. EK 24, EK 25 ve EK 26’da verilen tablolardaki veriler dikkate alınarak mevcut model ve alternatif model verilerinin performans kriterlerine göre aynı ortalamaya sahip olup olmadığı hipotezleri kurulup örneklem sayısının 30’dan büyük olması sebebiyle Excel programında z testi yapılmıştır. Sonuçlar bekleme süresi için Çizelge 4.11, bekleyen sayısı için Çizelge 4.12 ve doluluk oranları için Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Bekleme süresi için mevcut ve alternatif model z testi sonuçları

Z-Test: Ortalamalar İçin İki Örnek	α	0,05
	<i>Mevcut Sistem</i>	<i>Alternatif Sistem</i>
Ortalama	0,163419986	0,133012055
Bilinen Varyans	0,013178	0,011584
Gözlem	73	73
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
z	1,65103184	
P(Z<=z) tek-uçlu	0,049366037	
Z _{kritik} tek-uçlu	1,644853627	
H ₀ : $\mu=0,163419986$	$z > Z_{kritik}$	
H ₁ : $\mu<0,163419986$	H ₀ reddedilir.	

Çizelge 4.12. Bekleyen sayısı için mevcut ve alternatif model z testi sonuçları

Z-Test: Ortalamalar İçin İki Örnek	α	0,05
	<i>Mevcut Sistem</i>	<i>Alternatif Sistem</i>
Ortalama	0,981780822	0,672027397
Bilinen Varyans	0,921762	0,915690193
Gözlem	73	73
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
z	1,952403253	
P(Z<=z) tek-uçlu	0,025445174	
Z _{kritik} tek-uçlu	1,644853627	
H ₀ : $\mu=0,98178$	$z > Z_{kritik}$	
H ₁ : $\mu<0,98178$	H ₀ reddedilir.	

Çizelge 4.13. Araç doluluk oranları için mevcut ve alternatif model z testi sonuçları

Z-Test: Ortalamalar İçin İki Örnek	α	0,05
	<i>Mevcut Sistem</i>	<i>Alternatif Sistem</i>
Ortalama	46,26470588	45,50240461
Bilinen Varyans	396,019	338
Gözlem	34	34
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
z	0,16406368	
$P(Z \leq z)$ tek-uçlu	0,434840507	
Z_{kritik} tek-uçlu	1,644853627	
$P(Z \leq z)$ iki-uçlu	0,869681013	
Z_{kritik} iki-uçlu	1,959963985	
$H_0: \mu=46,26470588$	$z < Z_{kritik}$	
$H_1: \mu < 46,26470588$	H_0 reddedilmez	

Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de H_0 hipotezleri alternatif model bekleyen yolcu sayısı ve bekleme süresi bakımından değişikliğe sebebiyet vermediği şeklinde kurulmuş, H_1 hipotezleri ise alternatif model bekleyen yolcu sayısı ve bekleme süresinde azalmaya sebep olduğu şeklinde oluşturulmuştur. Z testleri sonucunda Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi bekleme süresi ve bekleyen yolcu sayısı bakımından H_0 hipotezleri reddedilmiştir. Yani H_1 hipotezi kabul edilmiştir. Başka bir ifadeyle alternatif model anlamlı derecede azalmaya sebebiyet vermiştir. Çizelge 4.13’de görüldüğü gibi araç doluluk oranı bakımından H_0 hipotezi reddedilememiştir. Bunun sebebi 35 hatta değişikliğin sadece 3 az yoğun ve 3 çok yoğun olmak üzere 6 adet hattı kapsamasından dolayı diğer hatlardaki doluluk oranlarının değişmemesi H_0 hipotezinin reddedilememesini sağlamıştır. Çizelge 4.14’de alternatif modelin anlamlı ölçüde değişime sebep olduğu performans kriterleri ve değişim yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 4.14. Alternatif modelin performans kriterlerinde sağladığı değişim

Hat Adı	Bekleme Süresi % Azalma	Bekleme Yolcu Sayısı % Azalma
B6	10.72	9.42
B8	11.43	8.46
G1	15.25	9.47
Üç hat için	12.47	9.12
Z testi sonucu	Fark anlamlı	Fark anlamlı

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Alternatif model ile mevcut model sonuçları irdelenmiş ve alternatif modelde hatlar arası araç transferi yapılan G1,B6 ve B8 hatları için duraklarda bekleme sürelerinin ve bekleyen sayısının azaldığı bazı duraklar için maksimum bekleyen sayısının düştüğü gözlemlenmiştir. Alternatif modelde K5,K10 ve G7A hatlarından birer araç G1,B8 ve B6 hatlarına transfer edilmiştir. Transfer edilen araçlarda mevcut hatlarında bir iki sefer attıktan sonra yeni hatlarına transfer olmasıyla yeni hatların bekleme sürelerinde gözle görülür bir azalma oluşmuştur. Mevcut model ve alternatif model sonuçları ve değişim tablolar eşliğinde EK.1, EK.2 ve EK.3’de verilmiştir. Değişim yapılan hatlardaki duraklarda yolcu bekleme sürelerinde en az 11 saniye en çok 467 saniye olmak kaydıyla bekleme sürelerinde azalmalar meydana gelmiştir. Önerilen senaryoda B6 hattının geçtiği duraklar için bekleme zamanında %10.72, bekleyen kişi sayısında ise %9.42 oranında iyileşme sağlanmıştır. B8 hattının geçtiği duraklar için bekleme zamanı ve bekleyen yolcu sayısı sırasıyla %11.43 ve %8.46 olmuştur. G1 hattının geçtiği duraklar için ise bekleme süresi ve bekleyen sayısı sırasıyla %15.25 ve %9.47 oranında iyileşme gerçekleşmiştir. Bekleme süresi ve bekleyen yolcu sayısı bakımından bu farkların anlamlı olduğu yapılan Z testi sonucuyla da test edilmiştir. Mevcut durum ve alternatif durumunu farklı açıdan kıyaslamak ve ayrıca yeni senaryolar üretebilmek adına günlük maliyet hesabı çıkarılmıştır. Maliyet hesabı yapılırken araçların yakıt tüketimi, şoför maaşı, amortisman ve diğer giderler olmak kaydıyla 4 farklı maliyet hesaplanıp toplam günlük maliyet çıkarılmıştır. Hesaplamalar EK.5, EK.7 ve EK.8’de tablolar halinde verilmiştir. Maliyet hesabı hem mevcut durum için hem de önerilen senaryo için hesaplanmıştır. Araç yakıtı bakımından mevcut modelde günlük yakıt bedeli 146.550,94 TL olarak hesaplanmıştır. Alternatif model de ise günlük yakıt bedeli 146.281,01 TL olarak hesaplanmıştır. Alternatif modelde günlük 269,93 TL ayda ise 8.098 TL tasarruf sağlanmıştır. Bu tasarrufla aylık iki şoförün giderleri karşılanabilir veya 224 aracın bir günlük amortisman ve diğer giderleri karşılanabilir. Toplam maliyet üzerinden günlük yaklaşık kazanç %0,2 olarak hesaplanmıştır. Her iki durum içinde günlük yapılan toplam yol km olarak hesaplanmış EK.9 ve EK.10’da verilmiştir. Yeni alternatif senaryo üretilmesi adına sisteme eklenecek yeni bir araç için maliyet çıkarılmıştır.

Maliyet çıkarılırken sistemde yapılan günlük ortalama yol 236 km olarak hesaplanmış ve bu rakam üzerinde hem dizel otobüs hem de CNG(sıkıştırılmış doğal gaz) otobüs için hesaplama yapılmıştır. Sisteme yeni bir dizel otobüs eklemenin yaklaşık günlük sabit maliyeti 686 TL, CNG otobüs eklemenin yaklaşık sabit maliyeti ise 468 TL olarak hesaplanmıştır. Mevcut durum için önerilen alternatifin haricinde yolcu bekleme sürelerinin ve bekleyen sayısının iyice azalması adına daha dengeli hatların belirlenebilmesi için bu işlem yapılırken tur süresi ve araç sayısı arasında bir dengenin gözetilmesi gerektiği düşünülmektedir. Mümkün oldukça tur sürelerinin az olduğu hat belirleme sisteminin tercih edilmesi gerektiği ve yolcu ulaşımında yüzdelik payı yüksek olan iş, eğitim ve sağlık odaklı ulaşımın dikkate alındığı ana hatların bu güzergâhlar üzerinde olacağı hat güncellemeleri yapılmalıdır. Gelecek çalışmalarda maliyet ve yolcu bekleme süreleri arasında optimum durum gözetilerek yeni hat planlaması üzerinde çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- Aliağaoğlu, A. Uğur, A., (2012). Şehir Coğrafyası. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık
- Awasthi, A., Chauhan, S. and Omrani, H. Application Of Fuzzy Topsis in Evaluating Sustainable Transportation System. Expert Systems With Applications 38 (2011) 12270-12280.
- Aydın, C.H.,(1988). Eğitim İletişimi Alana İlişkin Yeni Bir Tanım. A.Ü. Dergileri Sayı : 15
- Birol, A. 2012 <https://docplayer.biz.tr/2842826-Sistem-analizi-ve-tasarimi.html>
- Cirit, F.(2014) Sürdürülebilir kent İçi ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemleri karşılaştırılması T.C. kalkınma Bakanlığı Yayın No:2891
- Damart, S. And Roy, B., The Uses Cost-Benefit Analysis in Public Transportation Decision- Making in France. Transport policy 16 (2009) 200-212
- EBB, 2018. <https://ulasim.erzurum.bel.tr/>, (01.02.2018).
- Enrique, F.L., Joaquin, C.C., Henry, M., Demand responsive Urban Public Transport System Design : Methodology And Application. Transportation Research Part A 42 (2008) 951-972.
- Erkut, H.,(1995). Sistem Yönetimi Yönetim Bilimleri Dizisi: 4,İrfan Yayınları,İstanbul.
- Hatipoğlu, S. ve Öztürk, E.A. 2012. Yolculuk Talep Yöntemi Stratejilerinin Kentsel Trafik Yüküne Etkisi Üzerine Bir Uygulama. SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi 16. Cilt 2. Sayı.
- Hatipoğlu, S., Otobüs Sistemi Ücret Ödeme Şekli ve Çeşitliliğinin Dünya Örnekleri İncelenerek Ankara için Modellenmesi. Ankara Araştırmaları Dergisi 2017.
- İETT, <https://www.iETT.istanbul/tr/main/pages/istanbulda-toplu-ulasim/95>
- İETT, <https://www.iETT.istanbul/tr/main/pages/istanbulda-toplu-ulasim/96>
- Jan, K.B., Harris, S. 2006. The Political Economy Of Urban Transport-System Choice. Journal Of Public Economics 90 (2006) 983-1005.
- Koçel, T.,(1982). İşletme Yöneticiliği. İşletme Ekonomi Dizisi : 667 Yayın No:3112
- Lin, Y., A Novel Algoritihm To Evalate The Performance Of Stochastic Transportation System. Expert Systems With Applications 37 (2010) 968-973 .
- Milevich, D., Melnikov, V., Karbovskii, V. and Krzhizhanovskaya, V., Simulating An Impact Of Road Network İmprovements On The Performance Of Transportation Systems under critical Load: Agent-Based Approach. Procedia Computer Science 101, 2016,Pages 253-261.
- Özdemir, T., Turabi, A., Üçer, F. ve Arık, A. 2004.Kentsel Ulaşım Sorunları ve Çözümleri Üzerine Bir Araştırma : Balıkesir Örneği. İMO Dergisi.
- Özuysal, M. ve Gülhan, G., 2017. Ulaşım Planlaması Bağlamında Erişebilirlik ve Talep Modelindeki Yeri. İMO Dergisi.
- Sandal, E. K., (2009). Kahramanmaraş'ta Ulaşım Problemleri Ve Halkın Ulaşım Sistemine Ve Problemlerine Bakışı. Doğu Coğrafya Dergisi, 14(21): 137-157.
- Sawicki, P. and Zak, J., The Application Of Dominance –Based Rough Sets Theory To Evaluation Of Transportation System. Procedia- Social And Behavioral Sciences 111 (2014) 1142-1154.

- Selvi, M., 2011. İzmit Kent içi Ulaşımının Makroskopik Simülasyon ile Değerlendirilmesi. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Solecka, K. And Zak, J., Integration Of The Urban public Transportation System With The Application of Traffic Simulation. Transportation Research Procedia 3 (2014) 259-268.
- Song, M., Yin, M., Chen, X., Zhang L. And Li, M., A Simulation-Based Approach For Sustainable Transportation systems Evaluation and Optimization: Theory, Systematic Framework and Applications. Procedia- Social And Behavioral Sciences 96 (2013) 2274-2286.
- Tümertekin, E.(1987). Ulaşım Coğrafyası.İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları
- Yılmaz, E., 2005.Kentiçi Otobüs Taşımacılığında Bir Model Önerisi, Simülasyon Tekniği İle Performans değerlemesi. İMO Dergisi.
- Anonim 2019a. https://www.bilimevi.com/sehir_rehberi/amerika/new-york
- Anonim 2019b. İETT, <https://www.iett.istanbul/tr/main/pages/istanbulda-toplu-ulasim/95>
- Anonim 2019c.Akın Analiz, <http://akinanaliz.com/veri-analizi-nedir/>

ÖZGEÇMİŞ

Ertuğrul YİĞİT 1991 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum ili İspir ilçesinde tamamladı. 2013 yılında Atatürk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2016 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında Erzurum Teknik Üniversitesi’nde İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde öğrenim görmeye başladı.

