



**ERZURUM KENTİÇİ ANA TOPLU
TAŞIMA SİSTEMİNİN KÜMELEME
ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

Ömer Faruk BİRCİK

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY
2019**

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERZURUM KENTİÇİ ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN
KÜMELEME ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

Ömer Faruk BİRCİK

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Ulaştırma Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ERZURUM KENTİÇİ ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN KÜMELEME
ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY danışmanlığında, Ömer Faruk BİRCİK tarafından hazırlanan bu çalışma 21/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı – Ulaştırma Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (3./3.)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet TORTUM

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Metin Mutlu AYDIN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun 18./07./2019 tarih ve 29./.../75 nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2014/199

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM KENTİÇİ ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİNİN KÜMELEME ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Ömer Faruk BİRCİK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY

Sanayileşmeyle beraber sürekli büyüme eğilimi gösteren kent merkezleri ve artan taşıt sayıları kent merkezlerinde trafikte alt yapı yetersizliği, çevre kirliliği ve enerji gereksiniminde artış gibi problemlerin doğmasına neden olmuş, bu durum kent yöneticilerini toplu taşıma sistemlerine geliştirilmesi ve etkinliğinin arttırılması için çözüm arayışlarına sevk etmiştir. Bu çalışmada, Erzurum ili kent içi ana toplu taşıma sistemi içerisinde yer alan 33 hattın incelenerek verimliliklerinin belirlenmesi ve arttırılması için çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında hatlar, hafta içi ve hafta sonu kapasite kullanım oranları ile hafta içi sabah ve akşam pik saatte taşınan yolcu sayıları kullanılarak hiyerarşik olmayan kümeleme analizi yöntemiyle altı farklı senaryo altında düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç kümeye ayrılmıştır. Orta kümede yer alan hatların verimlilikleri kabul edilebilir oranda olduğu, düşük kümede yer alan hatların kapasitelerinin altında, yüksek kümede yer alan hatların ise kapasitelerinin üzerinde yolcu taşıdıkları belirlenmiştir.

Çalışma sonunda düşük ve yüksek kümede yer alan hatların optimum verimlilikle çalışması için çözüm önerileri getirilerek ana toplu taşıma sisteminin ekonomik, güvenilirlik, konfor, hız ve çevresel yönden daha iyi duruma gelmesi sağlanacaktır.

2019, 97 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kent içi toplu taşıma, kapasite kullanım oranı, optimum verimlilik.

ABSTRACT

MS Theises

INVESTIGATION OF ERZURUM URBAN PUBLIC TRANSPORT SYSTEM BY CLUSTER ANALYSIS METHOD

Ömer Faruk BİRCİK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Department of Transportation

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet ATALAY

Since urban centers and number of vehicles which tend to grow continuously in conjunction with industrialization should increase, these situation cause many problem, for instance, lack of infrastructure in traffic in the city centers, environmental pollution and the increasingly in energy requirements. The city administrators thought that the solution of the problem could be to improve public transport systems and increase their efficiency. In this study, it is aimed to propose solutions with regard to detect and enhance vehicle performance by examine the 33 lines within main public transportation system of the city of Erzurum.

Within the scope of the study, the lines were divided into three clusters as low, medium and high under six different scenarios by using non-hierarchical clustering analysis method as using capacity utilization rates in weekday and weekend and the number of carrying passengers at peak hours during the morning and evening in weekday. It is determined that the efficiency of the lines in the middle cluster are acceptable rates but the lines in the lower cluster carrying passengers are below the their capacities and that the lines in the higher cluster carrying passengers are above their capacities.

At the end of the study, when our suggestions are brought forward the optimum efficiency of the lines in the low and high clusters, the main public transportation system will be improved the best level in economic, reliability, comfort, speedvelocity and environmental aspects.

2019, 97 pages

Keywords: Urban public transport, capacity utilization rate, optimum efficiency.

TEŞEKKÜR

Tamamlamış bulunduğum yüksek lisans tez alışmamda her türlü bilgi birikimi aktaran, çalışma boyunca özgüvenimi kaybettiğim zaman dilimlerinde deneyimleriyle yol gösterici olan çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY'a en derin şükranlarımı sunarım.

Çalışma kapsamında veri temini noktasında yardımlarını esirgemeyen Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Dairesi Başkanlığı'nın tüm çalışanlarına ve Kardelen Kart Koordinasyon Merkezi Müdürü Vedat SARI Bey ile yüksek lisans öğrenimi boyunca sağladıkları imkân ve verdikleri desteklerden dolayı Erzurum evre ve şehircilik İl Müdürlüğü Yapım İşleri şubesindeki değerli çalışma arkadaşlarıma teőekkürü borç bilirim.

Ve yaşamımın her alanında desteklerini hep hissettiğim çok değerli aileme en kalbi şükran ve minnetlerimle.

Ömer Faruk BİRCİK

Haziran, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Toplu Taşımanın Sınıflandırılması.....	2
1.1.1. Güzergâh özelliklerine göre sınıflandırma	3
1.1.2. Teknoloji özelliklerine göre sınıflandırma	4
1.1.3. Hizmet özelliklerine göre sınıflandırma.....	4
1.1.3.a. Sistemin kapsama alanına göre sınıflandırma	4
1.1.3.b. Duraklama durumuna göre sınıflandırma.....	5
1.1.3.c. Hizmet verilen zamana göre sınıflandırma.....	5
1.2. Toplu Taşıma Türleri.....	5
1.2.1. Karayolu taşıma türleri	6
1.2.1.a. Otobüs.....	7
1.2.1.b. Trolleybüs.....	7
1.2.1.c. Minibüs ve dolmuş (ara toplu taşıma sistemleri, paratransit sistemler)	7
1.2.1.d. Taksi	8
1.2.2. Raylı taşıma türleri	8
1.2.2.a. Cadde tramvayı.....	9
1.2.2.b. Hafif metro	9
1.2.2.c. Metro	10
1.2.2.d. Banliyö treni	10
1.2.3. Denizyolu taşıma türleri	11
1.3. Kent İçi Toplu Taşımanın Önemi.....	11
1.4. Amaç ve Kapsam.....	15
2. KAYNAK ÖZETLERİ	16

3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Erzurum ilindeki kent içi toplu taşımanın mevcut yapısı.....	26
3.1.2. Çalışma kapsamında kullanılan veriler	31
3.2. Yöntem	33
3.2.1. Kümeleme analizi.....	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	38
4.1. Birinci Senaryo (Hat No – Hafta İçi KKO).....	44
4.2. İkinci Senaryo (Hat No – Hafta Sonu KKO)	47
4.3. Üçüncü Senaryo (Hat No – Hafta İçi KKO & Hafta Sonu KKO)	50
4.4. Dördüncü Senaryo (Hat No – Sabah Pik Ortalama Yolcu Sayısı).....	52
4.5. Beşinci Senaryo (Hat No – Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı)	56
4.6. Altıncı Senaryo (Hat No – Sabah ve Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı).....	59
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR	73
EKLER.....	75
EK 1.....	75
EK 2.....	76
EK 3.....	78
EK 4.....	80
EK 5.....	82
EK 6.....	84
EK 7.....	86
EK 8.....	88
EK 9.	90
EK 10.	92
EK 11.....	94
EK 12.....	96
ÖZGEÇMİŞ	98

SİMGELER DİZİNİ

Q	Kraft Talep Modeli Ulaşım Talebi
ABD-TCRP 100	Amerikan Toplu Taşıma İşbirliği Araştırma Programı
BOMOD	Bulanık Doğrusal Programlama Modeli
EBB	Erzurum Büyükşehir Belediyesi
ESHOT	İzmir Elektrik, Su, Hava Gazı, Otobüs ve Tramvay İşletmeleri
EUAP	Erzurum Ulaşım Ana Planı
İETT	İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
KKO	Kapasite Kullanım Oranı
OYS	Ortalama Yolcu Sayısı
P	Kraft Talep Modeli Bilet Ücreti
SESMOD	Sefer Sıklığını Veren Doğrusal Hedef Programlama Modeli
SİM	Sevk İdare Merkezi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TYS	Toplam Yolcu Sayısı
α ve β	Kraft Talep Modeli Sabit Parametreleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Erzurum ili kent içi trafiğin yoğun olduğu bazı bölgeler.....	26
Şekil 2.2. Kent içinde belli başlı mahalleler	27
Şekil 2.3. Kent içi toplu taşımanın hizmet verdiği kente yakın köyler.....	28
Şekil 2.4. Erzurum’da yerleşimin yoğun olduğu bölgeler	28
Şekil 4.1. Her bir hattın hafta içi ortalama kapasite kullanım oranları	38
Şekil 4.2. Her bir hattın hafta sonu ortalama kapasite kullanım oranları	39
Şekil 4.3. Hafta içi ve hafta sonu KKO verilerinin karşılaştırılması	40
Şekil 4.4. Hafta içi sabah pik saatte taşınan ortalama yolcu sayısı.....	41
Şekil 4.5. Hafta içi akşam pik saatte taşınan ortalama yolcu sayısı.....	42
Şekil 4.6. Hafta içi sabah ve akşam pik saatte taşınan ortalama yolcu sayılarının karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.7. Hat no- Hafta İçi KKO nokta dağılım grafiği.....	46
Şekil 4.8. Hat no – Hafta Sonu KKO nokta dağılım grafiği	49
Şekil 4.9. Hat no - Hafta İçi ve Hafta Sonu KKO nokta dağılım grafiği.....	52
Şekil 4.10. Hat no – Sabah pik ortalama yolcu sayısı nokta dağılım grafiği.....	55
Şekil 4.11. Hat no – Akşam pik ort. yol. say. nokta dağılım grafiği	58
Şekil 4.12. Hat no – Sabah ve Akşam Pik Ort. Yol. Say. nokta dağılım grafiği	61
Şekil 5.1. B1 ve B4 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler	64
Şekil 5.2. B5, B6 ve B8 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler	65
Şekil 5.3. G2 ve G8 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler.....	66
Şekil 5.4. K5 ve K6 hatlarına ait güzergâhlar	67
Şekil 5.5. K4 ve K9 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler.....	68
Şekil 5.6. K1, K7 ve K10’a ait güzergâhlar ve öneriler.....	69
Şekil 5.6. G4/A ve K4 hatlarına ait güzergâh ve öneriler	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Toplu taşıma sistemlerinin güzergah ve teknoloji kategorilerine göre sınıflandırılması.....	3
Çizelge 2.2. Toplu taşıma türleri	6
Çizelge 4.1. Hat No-Hafta İçi KKO analizi ilk küme merkezleri.....	44
Çizelge 4.2. Hat No-Hafta İçi KKO analizi ilk küme merkezleri.....	44
Çizelge 4.3. Hat No-Hafta İçi KKO analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe.....	45
Çizelge 4.4. Hat No-Hafta İçi KKO analizi küme eleman sayıları.....	45
Çizelge 4.5. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri.....	47
Çizelge 4.6. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri.....	47
Çizelge 4.7. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe.....	48
Çizelge 4.8. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi küme eleman sayıları.....	48
Çizelge 4.9. Hat No-Hafta İçi KKO& Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri.....	50
Çizelge 4.10. Hat No-Hafta İçi KKO& Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri	50
Çizelge 4.11. Hat No-Hafta İçi KKO & Hafta Sonu KKO analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe	51
Çizelge 4.12. Hat No-Hafta İçi KKO & Hafta Sonu KKO analizi sonuç küme eleman sayıları.....	51
Çizelge 4.13. Hat No-Sabah pik ortalama yolcu sayısı analizi ilk küme merkezleri.....	53
Çizelge 4.14. Hat No-Sabah pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri	53
Çizelge 4.15. Hat No- Sabah pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe	53
Çizelge 4.16. Hat No- Sabah Pik Ortalama Yolcu Sayısı analizi sonuç küme eleman sayıları.....	54

Çizelge 4.17. Hat No-Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi ilk küme merkezleri	56
Çizelge 4.18. Hat No-Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri	56
Çizelge 4.19. Hat No- Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe	57
Çizelge 4.20. Hat No- Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme eleman sayıları.....	57
Çizelge 4.21. Hat No-sabah ve akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi ilk küme merkezleri	59
Çizelge 4.22. Hat No-akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri	59
Çizelge 4.23. Hat No- sabah ve akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe	60
Çizelge 4.24. Hat No- sabah ve akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme eleman sayıları	60

1. GİRİŞ

Sanayi devrimiyle birlikte ulaşım ve kent ilişkiselliği kapsamında, kentlerin şekillenmesinde otomobilleşme süreci ve bunun getirdiği kişisel otomobil sahipliğinin artması etkili bir kırılma noktası olmuştur. 1920 ile 1941 yılları arası özel otomobil sahipliğinin arttığı bir dönem olmuş, bu artış ‘otomobil devri’ olarak nitelendirilebilecek bu zaman aralığında kentlerin genişlemesine ve yayılmasına ivme kazandırmıştır (Akı 2012).

Kentlerdeki büyüme ve buna paralel olarak kentsel işlev alanları arasındaki mesafelerin sürekli artması yolculuk taleplerini arttırmış, bu talebi karşılayabilmek için farklı hız ve yolcu kapasitesine sahip toplu taşıma türlerinin kent içi ulaşımında kullanımı da hızla artmıştır. Bu kapsamda yapılan araştırmalar göstermektedir ki, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bireylerin kent içinde güvenli, ekonomik, konforlu, hızlı ve çevreye en az zarar verecek biçimde yer değiştirmelerinin toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesine bağlı olduğunu çok açık bir şekilde ortaya koymuştur (Saraçoğlu 2012).

Kentlerde yaşayan insanlar, gece ve gündüz alışveriş, çalışma, eğlenme gibi bazı nedenlerle hareket etmeleri gerekmekte, bu da ulaşım ihtiyacını doğurmaktadır. Bu ihtiyaç, kent içi ulaşımın sosyal ve ekonomik aktivitelerin kaçınılmaz bir unsuru olduğunu ancak kendi başına bir devamlılığı için kent içi ulaşımın olmazsa olmazlar arasında yer aldığını göstermektedir (Yaşar 2009; Uygun 2012).

Sosyal ve ekonomik gelişmenin beraberinde getirdiği motorlu taşıt sayısındaki artış, özellikle bireysel araç sahipliğinde meydana gelen artışlar, yetersiz karayolu ve toplu taşıma ulaşım yatırımlarıyla birleşince yerelde hava kirliliğinden dolayı halkın sağlığını olumsuz yönde tehdit etmekte, küresel düzeyde egzoz gazı emisyonlarının yönelik tartışmalara neden olmakta ve petrolde dışa bağımlı ülke ekonomilerine ciddi yük bindirmektedir (Uygun 2012). Ulaşım kaynaklı bu sorunlarının giderilmesi adına geniş

kapsamlı çözüm arayışları hem bilim, hem siyaset dünyasında her geçen gün daha çok yer edinmektedir.

Sonuçta kentlerin büyümesi, yayılması ve metropol ya da megapollere evrilmesiyle ulaşım, özellikle gelişmekte olan ülkelerde kentlerin en büyük sorunu olagelmiştir. Ulaşım sorunu, gerek içsel gerek dışsal maliyetler gözetilerek kentlerde bulunan nüfusun kent içinde hareketliliğini sağlayacak, her türlü sosyoekonomik faaliyete katkısı olan, alt sistemlerin en verimli şekilde kullanılmasına imkân verecek şekilde erişilebilir, hızlı ve konforlu ulaşım sistemlerinin geliştirilerek giderilmesi konusunda her geçen gün daha büyük önem taşıyan bir konu haline gelmiştir (Akı 2012).

Ulaşım sorunlarının en büyük çözüm seçeneği olan toplu taşımacılık, dünya çapında hızla gelişmekte olan kentleşme bilinci ve çevresel duyarlılık ile birlikte her geçen gün önemini arttırmaktadır.

Verimli bir toplu taşıma sistemi; altyapı, toplu taşıma araçları, araçları kullananlar, araçları işletenler ve yöneticiler olarak sayılabilecek bu bileşenlerden en iyi şekilde faydalanarak, uyumlu ve entegre bir toplu taşıma sisteminin oluşturulmasıyla sağlanabilir (Uludağ 2010).

1.1. Toplu Taşımanın Sınıflandırılması

Vuchic (1981,2007), toplu taşıma sistemlerini güzergâh, teknoloji ve hizmet özelliklerini dikkate alarak sınıflandırmaktadır (Babalık Sutcliffe 2012).

Çizelge 2.1. Toplu taşıma sistemlerinin güzergâh ve teknoloji kategorilerine göre sınıflandırılması (Vuchic 1981, 2007)

Güzergâh Kategorisi	Teknoloji Kategorisi			
	Taşıt Yolu Üzerinde Sürücülü	Lastik Tekerlekli Güdümlü	Raylı	Diğer
A		Lastik tekerlekli metro	Hafif metro, metro, banliyö bölgesel tren	Füniküler
B	Öncelikli otobüs yolu		Hafif raylı sistemler	
C	Otobüs, ara toplu taşıma sistemleri	Trolleybüs	Tramvay	Feribot, deniz otobüsü

1.1.1. Güzergâh özelliklerine göre sınıflandırma

Toplu taşıma sistemlerinin güzergâhının, güzergâhı çevreleyen alandan, diğer taşıt trafiği ile yaya alanlarından ayırım düzeyini temel alan bir sınıflandırma yaklaşımıdır. Buna göre üç temel ayırım düzeyi, yani üç temel kategori vardır.

A Kategorisi, güzergâhın sadece söz konusu toplu taşıma sisteminin kullanımına ayrılmış özel bir yol olduğuna ve güzergâhın kendisini çevreleyen alandan %100 oranında ayrıldığına işaret etmektedir. Diğer taşıt trafiği veya yaya alanlarıyla güzergâhın kesişmesi durumu söz konusu olmayıp, bu tür kesişmeler zemin ayırımı ile sağlanmaktadır.

B Kategorisi, sistemin kendisine tahsis edilmiş özel bir güzergâhı olduğu, ancak kavşak ve benzeri kesişme alanlarında hemzemin çözümlerle taşıt veya yaya trafiği ile beraber sistemin işletilebildiği durumları ifade etmektedir. B kategorisindeki sistemlerde genellikle dikeyde ayırım yapılmamakta, yani sistem hem-zemin tasarlanmakta ancak çevresindeki diğer trafikten fiziksel engeller kullanılarak ayrılmaktadır.

C Kategorisi, sistemin diğer trafik türleriyle karma biçimde, taşıt yolları veya yaya yolları üzerinde, kendilerine tahsis edilmiş bir yol veya öncelikli hat tasarlanmadan işletildiği durumları ifade etmektedir.

1.1.2. Teknoloji özelliklerine göre sınıflandırma

Sistemlerin araçları ile yüzey arasındaki ilişkiyi (lastik veya demir tekerlekli ya da su aracı), motor özelliğini (dizel, elektrik), sürücülü veya otomatik olma özelliğini ve güç kaynağından araca enerji sağlama özelliklerini kapsar. Bunları içinden sonuncusu, güzergâhın A, B veya C kategorisinde olup olmayacağı açısından da belirleyici olur. Örneğin raylı sistemlerde yaygın olan bir uygulama, rayların yayına döşenen üçüncü ray teknolojisiyle sisteme enerji sağlanması olup, bu uygulamada üçüncü ray elektrik enerjisi taşıdığı için üzerinden yayaların geçmesi söz konusu olamaz; ayrıca yerden yükseltilecek bir ray olduğu için yol kesişmelerinde bunun üzerinden başka türden bir aracın geçmesi fiziksel olarak da mümkün değildir. Dolayısıyla üçüncü ray teknolojisi sadece Kategori A türünden bir ayırım ile tasarlanabilir. Bu nedenle, genellikle üçüncü ray teknolojisini kullanan metro sistemleri Kategori A türünden sistemlerdir.

1.1.3. Hizmet özelliklerine göre sınıflandırma

Toplu taşıma sistemi ile verilen hizmetin kapsadığı kentsel alana göre, sistemin duraklarına göre ve hizmetin günün hangi saatinde verildiğine göre bir sınıflandırma da mümkündür.

1.1.3.a. Sistemin kapsama alanına göre sınıflandırma

Sadece kent merkezinde hizmet veren toplu taşıma sistemleri olduğu gibi, sadece bir kampüs alanında, sadece bir havalimanı içinde hizmet veren sistemler de olabilir. Bunu yanı sıra tek bir kentsel alanla sınırlı kalmayıp çok daha geniş bir bölgeye hizmet veren toplu taşıma sistemleri de mevcuttur.

1.1.3.b. Duraklama durumuna göre sınıflandırma

Toplu taşıma hizmeti, duraklama yaptığı durak ve istasyon sayısına bağlı olarak hızlı servis olarak adlandırılabilir. Bunun yanı sıra bazı saatlerde daha hızlı bir hizmet sunabilmek için toplu taşıma aracı bazı durakları atlayarak bu duraklarda durmamaktadır. Bunlara da hızlandırılmış servis denmektedir. Bazı sistemler ise sadece bir başlangıç noktasından son varış noktasına giden ve arada başka bir durakta durmayan servisler olarak işletilebilir.

1.1.3.c. Hizmet verilen zamana göre sınıflandırma

Sadece doruk saatlerde hizmet veren banliyö veya deniz otobüsü gibi sistemler mevcuttur. Buna karşın çoğu toplu taşıma sistemi gün boyu (genellikle sabah 05.00 veya 06.00'dan gece 12.00'ye veya 01.00'e kadar) hizmet verir. Hizmet özelliklerine göre sınıflandırma daha çok işletim aşamasında verilen kararlara göre değişebilecek bir sınıflandırma türüdür, güzergâh ve teknoloji özelliklerine göre yapılan sınıflandırma sistemlerinin değişmez unsurları olan altyapıları ve teknolojilerini temel alır.

1.2. Toplu Taşıma Türleri

Kent içinde ve kentler arasında kullanılan çok sayıda ulaşım sistemi vardır. Bunları, doğal altyapıda (uçak, vapur) veya yatay altyapıda (otobüs, tren) çalışmalarına, güzergahların esnek (otomobil, minibüs) veya sabit (metro) olmasına, taşıtın konumunun asılı (teleferik) veya konmuş (otomobil, raylı sistem) durumda bulunmasına, sistemin motorlu (otobüs, tramvay) veya motorsuz (yaya, bisiklet) oluşuna, bireysel (otomobil) veya toplu kullanıma olanak vermesine, genel amaçla yapılmış bir altyapıyı diğer sistemlerle ortaklaşa kullanmasına (otomobil, otobüs) veya özel bir altyapı yapımına gereksinme göstermesine (raylı sistemler, otobüs özel yolu) göre sınıflandırmak mümkündür (Barut 2012).

Çizelge 2.2. Toplu taşıma türleri (Saraçoğlu 2012)

TOPLU TAŞIMA TÜRLERİ	Karayolu Taşıma Türleri	Otobüs
		Trolleybüs
		Minibüs
		Dolmuş
		Taksi
	Raylı Taşıma Türleri	Cadde Tramvayı
		Hafif Metro
		Metro
		Banliyö Treni
	Denizyolu Taşıma Türleri	Motor
		Vapur
		Deniz Otobüsü
		Feribot

1.2.1. Karayolu taşıma türleri

Kentlerde farklı yoğunluk düzeylerine sahip bölgelerdeki yolculuk talepleri birbirinden farklılık göstermektedir. Kimi bölgelerde yolculuk talepleri çok yüksek olmakta, kimi bölgelerde ise daha düşük düzeylerde kalmaktadır. Yolculuk talebi yüksek olan bölgelere yolcu kapasitesi fazla olan büyük araçlarla hizmet vermek ya da sefer sıklığını arttırmak gerekirken düşük yolculuk talepleri için yolcu kapasitesi az olan küçük araçları kullanmak ihtiyacı doğmaktadır. Böyle bir ihtiyaç kentiçi ulaşımda yolcu kapasitesi, saatte tek yönde taşıdıkları yolcu sayısı, işletme hızı ve esneklikleri bakımından farklılık gösteren ve geniş bir yelpazeye sahip olan karayolu toplu taşıma türlerinin kullanımını ön plana çıkarmaktadır (Saraçoğlu 2012).

1.2.1.a. Otobüs

Otobüsler özel taşıtlar kadar olmasa da, esnek hizmet sunabilmesi, durak sayısının fazlalığı ve duraklar arası mesafelerin az olması sebebiyle başlangıç bitiş noktalarına en yakın ulaşım hizmeti sağlarlar. Kent içi ulaşımında kullanılan otobüs sistemleri hizmet verdikleri ulaşım ağında mevcut talep değişikliklerine göre hattı uzatarak-kısaltarak, ya da güzergâhlarında değişikliklere giderek talebi karşılama imkânına sahiptirler (Önder 2011).

1.2.1.b. Trolleybüs

Otobüsler gibi lastik tekerlekli, ancak enerjisini havai hatlardan elektrik alarak aldığı için sabit güzergâhları takip etmesi gereken, yani güdümlü sistemlerdir. Otobüsler gibi diğer taşıt trafiği ile beraber aynı yollarda işletildikleri için C kategorisindeki güzergâha sahiptirler (Babalık Sutcliffe 2012).

1.2.1.c. Minibüs ve dolmuş (ara toplu taşıma sistemleri, paratransit sistemler)

Ara toplu taşıma sistemi (paratransit), otomobilin bireysel kullanımı ile otobüs ve raylı taşımının sabit geçki ve zaman tarifeli işletmeciliği arasında kalan, genellikle düşük kapasiteli taşıtlar ve esnek çalışma düzeni ile tanımlanan toplu taşıma türlerine verilen genel isimdir. Gelişmekte olan ülkelerde çeşitli adlar altında ara toplu taşıma türleri işletilirken, ülkemizde dolmuş ve minibüs adı altında uzun süredir kullanılan sistemler bu kapsam içinde değerlendirilmektedir (Orhan 2010).

Elker (2001), ara toplu taşıma sistemlerinin az gelişmiş ve sanayileşmiş ülkelerdeki kullanımın farklı nedenlere dayandığını belirtmektedir. Az gelişmiş ülkelerde, ara toplu taşımının genelde hizmet düzeyi yetersiz olan geleneksel toplu taşımadaki açığın küçük bireysel girişimcilerle kapatılması biçiminde ortaya çıktığını ifade etmiştir. Sanayileşmiş ülkelerde ise kentlerin banliyölerindeki düşük yoğunluklu alanlarda yaşayan ve yolculuk talebinin azlığı nedeniyle geleneksel toplu taşıma ile verimli

hizmet sağlanamayan nüfusu, özel otomobil kullandırmadan taşımak ve çocuklar, yaşlılar ve özürllüer gibi kesimlere otomobil konforuna yakın seçenekler yaratmanın amaçlandığını belirtilmiştir. Ülkemizde ise minibüs işletmelerinin genellikle dernek ve kooperatif şeklinde örgütlenmiş bireysel girişimcilikle yapıldığını, minibüs hatlarının bu örgütlerin baskısıyla batıdaki uygulamaların tersine, talebin ve rantın en yoğun olduğu güzergâhlarda otobüs işletmesi ile rekabet edecek ve yolların kapasitesini olumsuz etkileyecek düzenlendiğini ifade etmiştir.

1.2.1.d. Taksi

Belirli bir güzergâha sahip olmayıp, anlık kullanan yolcunun varmak istediği noktaya göre güzergâhının belirlendiği taşıma türüdür.

1.2.2. Raylı taşıma türleri

Kentiçi raylı sistemleri iki sınıfta toplayarak tanımlamak mümkündür:

I. Hafif Raylı Sistemler (Light Rail Transit)

II. Ağır Raylı Sistemler (Heavy Rail Transit)

Hafif raylı sistemlerde, taşıtlar, kent içi yollarda diğer trafikten ayrılmış veya ayrılmamış olarak hareket etmekte, zaman zaman yer düzeyinin altına inebilmektedir. Taşıtlar 1100-1400 kg/metre uzunluğu geçmeyen hafif taşıtlardır. Taşıtlar en fazla üç araçtan oluşabilmektedir. Tramvay, hafif raylı sistemlerden sayılmaktadır (Uygun 2012).

Coşkun (1978), ağır raylı sistemlerde ise, taşıtların kent içi trafikten tamamen ayrı ve kendine has yollarda ve güzergâhlarda işlemekte olduğunu, bu taşıtlar genellikle 13,5 m'den uzun, 2,5- 3,0 m genişliğinde ve 1200-1800 kg/metre uzunluk ağırlığında olduğunu belirtmiştir. Ayrıca hızlarının hafif raylı sistemlere göre daha fazla olduğunu,

dolayısı ile alt yapı özelliklerinin değişik olduğunu, özellikle raylar daha ağır olduğunu (40-60 kg/m arası) ifade etmiştir (Uygun 2012).

Raylı sistemlerin, belli bir ize bağlı olmaları ve genellikle iklim koşullarından karayollarına oranla daha az etkilenmeleri emniyet, konfor ve rahatlığı arttırmakta, aynı kapasitede yolcu taşımacılığı karayolu ve deniz yollarına göre daha az alan kullanımına ihtiyaç duymaları bu sistemleri bir adım öne çıkarmaktadır (Gökdağ ve Yüksel 1999).

1.2.2.a. Cadde tramvayı

Bir raylı sistemdir ve hafif raylı teknolojisine sahiptir. Güç kaynağı havai hattın sağladığı elektrik enerjisi olduğu için, raylarında güç kaynağı bulunmamaktadır. Bu nedenle taşıt trafiği veya yaya alanlarıyla birlikte tasarlanması mümkündür ve C kategorisindeki güzergâha sahiptir. Tramvaylar, kent merkezlerinde ve yaya alanlarında, dar sokaklar üzerinde keskin virajları almalarını gerektirecek kent dokuları içinde tasarlandığı için, manevra kolaylığı ve güvenlik nedeniyle bir araç dizisinde 3 aracı (vagonu) geçmeyecek biçimde planlanmalıdır (Babalık Sutcliffe 2012).

1.2.2.b. Hafif metro

Evren (1978, 1979) hafif metronun, belirli ölçülerde, özellikle çevre kesimlerinde kent yollarının genel trafiğinden tamamen ayrılmamasıyla metroya göre ayırım gösterdiğini, bu özelliği ile kent trafiğinden hiç etkilenmeyecek biçimde özel yola sahip olması durumuna göre yapım maliyetini önemli ölçüde azalacağını ifade etmiş, ayrıca hafif metro, ön-metro ya da yarı-metro diye iki ayrı adla da tanımlamanın mümkün olduğunu belirtmiştir (Uygun 2012).

1.2.2.c. Metro

Metro, çoğunlukla yeraltında, bazen diğer trafikten ayrılmış olarak yerüstünde veya platform üzerinde işletilen ağır raylı toplu taşıma sistemidir. Kullandıkları yollar tümüyle diğer trafikten ayrılmış olduğundan tam otomatik denetim sistemi ile işletilirler. Çok yüksek yapım maliyetlerine karşın, yolculuk isteminin fazla olduğu ve taşımının diğer sistemlerle karşılanmasını kent yapısının olumsuz kıldığı koşullarda metronun kullanımı bir zorunluluk olmaktadır. Bu uygunsuz koşullarda bile metro, çevreyi bozmadan, güvenli, yüksek kapasiteli, hızlı ve konforlu bir taşıma sağlamaktadır (Orhan 2010).

Metro sistemi; uzunlukları 15-23 m ve kapasiteleri 100-250 yolcu arasında olan taşıtların 2-10 tanesinin birbirine bağlanarak dizi oluşturmasıyla işletilmektedir. Taşıtların en yüksek hızları 130 km/sa'a ulaşırken, işletme hızları 25-60 km/sa arasında değişmektedir. Duraklar arası uzaklık 500-2000 m arasında olabilmektedir (Orhan 2010).

1.2.2.d. Banliyö treni

Öncü (1979), banliyö trenlerinin kent çevresindeki banliyölerden kent merkezine yapılan uzun, hızlı yolculuklarda etkin olarak çalıştığını, metro gibi yüksek kapasite, konfor, hız ve güvenlik sağladığını ancak, kent merkezinde kullanımı sık durak yapamadığı için çekici olmadığını belirtmiştir (Uygun 2012).

Ayrıca Evren (1978, 1979), bunların yalnızca kısa uzaklıkta yolcu taşımalarına elverişli arabalarıyla normal demiryollarından ayrıldığını, başlangıçta ve birçok yerlerde bugün, banliyö taşımaları için kentler arası demiryolları kullanılırken; trafiğin giderek artması özel hatlar ayrılmasını ve garların özel biçimde düzenlenmesinin gerektiğinden kentsel ulaşımın gereklerini daha iyi biçimde karşılayabilmek için özellikle kent merkezlerinde birbirleriyle ve öteki raylı sistemlerle tünellerle bağlantılarını sağlamak için yeni hatlar

yapılması yoluna gidildiğini, bu raylı ulaştırma türü kentler arası demiryollarındaki çok yakın karakteristiklere sahip olduğunu belirtmektedir (Uygun, 2012).

1.2.3. Denizyolu taşıma türleri

Deniz, nehir, göl ve benzeri su yolları kullanılarak sağlanan denizyolu toplu taşımacılığında yolcu vapuru, araba vapuru (feribot), deniz otobüsü gibi çeşitli terimler kullanılmaktadır. Aslında yolcu vapuru da, araba vapurları da hem şehirlerarası yolculukların hem de şehir içi toplu taşıma yolculuklarının yapıldığı araçlar için kullanılan genel terimlerdir. Deniz otobüsü ise sadece kentsel toplu taşıma amaçlı servisleri ifade etmektedir (Babalık Sutcliffe 2012).

Yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip olan Denizyolu Toplu Taşıma Sistemi'nin altyapı maliyeti diğer sistemlere göre düşüktür. Denizyolu ulaştırmasında gerekli olduğunda güzergâh değişikliği yapılabilir. Yolcu talebinin fazla olduğu durumlarda ek seferler düzenlenebilmektedir (Akbiyık 2013).

1.3. Kent İçi Toplu Taşımanın Önemi

Ulaşımın, ekonomik ve sosyal yaşamın ayrılmaz bir parçası olduğunu, gerek ülkesel gerekse kentsel ölçekte ulaşımın diğer faaliyetlerle karşılıklı etkileşim içinde olduğunu belirten Elker (2001), bu etkileşimin iki farklı alanda ortaya çıkmakta olduğunu belirtmektedir. Bir yandan ulaşımın diğer sektörlerin gelişimini biçimlendirmekte ve bu sektörlerin ihtiyaçlarına göre kendini şekillendirdiğini, öte yandan, planlama ve ya karar oluşturma aşamasında, diğer sektörlerle kısıtlı bir kaynağı paylaşarak onlara bir anlamda rakip olduğunu ifade etmektedir.

Ulaşım yatırımları, genellikle ve oldukça büyük çaplı ve yüksek maliyetli yatırımlar olmaktadır. Bu sebeple gerek kent içi ve gerekse kentler arası ulaşım sisteminde yapılacak yatırımların önceliklerinin belirlenerek kısıtlı ekonomik kaynakların maksimum yarar sağlayacak şekilde kullanılmalrı için kapsamlı ve ciddi karar

süreçlerinden geçmeler gerektirmektedir. Ulaştırma alanı, büyük oranda doğrudan siyasi otorite tarafından karar verilen bir alan olduğundan, bu karar süreci, teknik içeriğinin ötesine geçen bir hal almaktadır. Bu da asıl belirleyiciler teknik aşamaların ötesinde, siyasi karar süreçleri olduğu göstermektedir (Gökdağ 2000; Akad 2006).

Ulaştırma yatırımları, genellikle yüksek maliyet gerektiren uzun vadeli yatırımlar olduklarından, bu tür projelere ilişkin önceliklerin doğru bir şekilde saptanması ve kısıtlı ekonomik kaynakların maksimum yarar getirecek şekilde kullanılması gerekmektedir.

Bahsi edilen kararın ne denli önemli olduğunu iki boyutta ele alıp değerlendirmek gerekmektedir. Birinci boyut planlanan sistemin kendisiyle ilgilidir. Seçilecek ulaşım türü sistemin teknolojik, işletim ve ulaşım ağı ile ilgili karakteristiklerini belirlerken, ikinci boyut ise sistemin, içerisinde yer aldığı kentin fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel koşulları ile kentin gelişmesi üzerinde kayda değer derecede rol oynaması ile ilgilidir. Bütün bu etkenler arasında karşılıklı bir bağımlılık ve etkileşim bulunmaktadır. Dolayısıyla etkenlerin tamamı ulaşım türü seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak bütün etkenlerin değerlendirmeye alınması, ulaşım türü seçimi işlemi son derece karmaşık bir işlem haline getirmektedir. Ulaşım türünün belirlenmesinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için, farklı seçenekler arasında bir karşılaştırmanın yapılması en başta gelmektedir. Ulaşım türünün seçimi sürecinde belki de en hassas olunması gereken aşaması burasıdır (Akad 2006).

Kent içi ulaşımda uzun mesafelerde ve yolculuk talebinin yüksek olduğu koridorlarda en etkin yolcu taşıma türüdür toplu taşıma sistemi olduğu bilinen bir gerçekliktir. Yolculuk mesafelerinin kısa olduğu durumlarda yaya yolculukları ve bisikletli ulaşım da etkili alternatifler olabilmektedirler; ancak günümüzde çoğu kentte yolculuk örüntüleri uzun mesafelerde gerçekleşmektedir ve bu durumda toplu taşımanın karşısındaki tek alternatif özel taşıma türleri olan otomobil veya taksi kullanımındadır (Babalık Sutcliffe 2012).

İlich (1992), otomobil ile karşılaştırıldığında toplu taşıma sistemlerinin yolcu taşımada önemli avantajları olduğunu belirtmekte ve şöyle devam etmektedir: “Bir otomobilde en fazla beş yolcu taşınabilmekteyken, bir otobüsün taşıma kapasitesi 40 ila 120 yolcu arasında değişmekte olup otomobilden 8 ila 24 kat daha fazla yolcu taşınabilmektedir. Bu karşılaştırma, yolcuların ağırlıklı olarak otomobille taşındığı bir kentsel ulaşım sisteminde, yol kullanımı gereksiniminin çok yüksek olacağına, toplu taşımanın kullanılması durumunda ise yol kullanımının çok daha verimli olacağına işaret etmektedir. Örneğin 40.000 kişiyi bir saatte bir köprüden karşıya otomobille geçirmek için 12 şeride gereksinim varken, otobüslerle geçirebilmek için dört şeride, raylı sistem ile geçirebilmek için iki şeride gereksinim vardır.” (Babalık Sutcliffe 2012).

Bu karşılaştırma, kentlerde otomobil kullanımı arttıkça neden trafik sıkışıklığı sorununun da arttığını açıkça ortaya koymaktadır. Kentlerde taşıt yolu altyapısı sınırlıdır ve artan yolculuk taleplerinin ağırlıklı olarak otomobil kullanımıyla karşılanması sürekli yol alt yapısını genişletme eğilimi ortaya çıkmaktadır. Oysa özellikle kentlerin merkezi alanlarında yol altyapısının sürekli yeni şeritler eklenerek genişletilmesi fiziksel olarak da ekonomik olarak da mümkün değildir. Ayrıca kentlerin yaşanabilir güvenli mekânlar olması isteniyorsa kent merkezlerinde yeni şeritlerle yolların genişletilmesi istenen bir durum değildir. Otomobil kullanımı arttıkça kentlerde yol alt yapısını genişletmek, kentlerde sürekli yıkım yapılarak yeni yol açılması, mevcut kentsel dokunun yok edilmesi, kent merkezlerindeki yolların da otoyollara dönüşmesi anlamına gelir. Oysa mevcut taşıt yolu altyapısının en etkili ve verimli biçimde kullanılmasıyla ne yolların genişletilmesine gerek kalır ne de trafik sıkışıklığı sorunu yaşanır. Bunun tek yolu ise, yolculuk taleplerinin yeterli kapasitede bir toplu taşıma sistemi ile karşılanmasıdır (Babalık Sutcliffe 2012).

Toplu taşımayı kullanan yolcular açısından hizmet seviyesini belirleyen parametrelerin başında yürüme mesafelerinin az, duraklara erişim, durakta bekleme ve taşıt içerisinde geçirilen zamanın mümkün olduğunca kısa olması olduğu yapılan birçok literatür çalışmasında görülmüştür. İşletme açısından ise, sefer sıklıkları ve buna bağlı tarife düzenlenmesi, özellikle zirve saatlerdeki yolcu yükünü kaldırarak kapasitede taşıt sevk

etmek ve talebin az olduğu zaman dilimlerinde taşıt sayısını optimal seviyede düşürerek maliyet noktasında kazanç sağlamak olduğu bilinmektedir (Uludağ 2010).

Toplu taşıma araçlarını genellikle düşük gelirli insanların, öğrencilerin ve yaşlıların tercih ettiği yapılan çalışmalarda görölmekte olup insanların daha çok eğitim ve sağlık kurumları, devlet daireleri ve iş yerlerine ulaşmak için kısıtlı maddi imkânlardan dolayı toplu taşımayı kullandıkları bilinmektedir. Toplu taşımanın konumlandığı hat ve güzergâhlara kolay erişim, nüfus yoğunluğu, çalışma yoğunluğu, konut yoğunluğu, yeşil alanlar, yolların yoğunluğu, şehir merkezine uzaklık oranı ve toplu taşımaya erişilebilirlik kullanıcıların bu sosyal ve toplumsal ulaşım sistemini seçmeleri için önemli birer ölçüt olduğu, yine yapılan çalışmalarla açıkça ortaya konmuştur. Ayrıca düşük ve dar gelirli yurttaşlar, öğrenciler ve yaşlılar gibi belirli bir sosyal grup için toplu taşımaya erişim mesafesi konut tercihini belirlemede göz önüne alınan bir konu olduğu ve bunun konut fiyat üzerinde de önemli bir etkisi olduğu görölmektedir (Barut 2012).

Elker (2001), işletmelerin veya karar vericilerin sağlıklı ve kullanışlı bir toplu taşıma sistemi kurmaları için, yolculuk talep tahmin modelleri kullanılarak yolculuk yapma niyetindeki kişilerin “nereye, ne ile ve nereden” sorularına doğru yanıt aramak gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca bunun için yolcuların nereye ulaşmak amacıyla seyahat ettiklerini, kentin hangi bölgesinden harekete başladıklarının doğru tespit edilip kent içi ulaşım ağının bu talepler doğrultusunda tesis etmek gerektiğini ifade etmiştir.

Yolculuk Talep Yönetimi, toplam yolculuk düzeyini, yolculuğun yapısını ve ulaşım ağı kapasitesini değiştirmeyi hedefleyerek tür seçimleri ve yolculuk kararlarının salt toplum çıkarlarına uygun olarak biçimlendirilmesini amaçlayan çalışmalardır. Karar vericiler ve sermaye, yüksek maliyetli ve yoğun altyapı yatırımları konusunda çok daha seçici ve dikkatli davranılmalı, araçların akımı yerine, insanların hareketine öncelik verilmelidir. Hâlihazırda bulunan mevcut ulaşım altyapısından daha fazla yolcu geçirecek biçimde yararlanmak Yolculuk Talep Yönetiminin başat hedeflerindedir (Barut 2012).

Oluşan talep doğrultusunda güzergahların şekillenmesi, güzergahlardaki durak yerleri ve sayıları, güzergahlarda kullanılacak taşıt sayıları ve kapasiteleri ile gün içerisinde taşıtların kalkış zamanları ve frekansları belirlenerek kullanıcılar açısından optimal düzeyde kullanılabilir ve işletmeler açısından ekonomik bir toplu taşıma sistemi oluşturulması mümkün olabilmektedir.

1.4. Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışmasında, Erzurum ili kent içi otobüs işletmeciliğinde kullanılan her bir hattın, gün içerisinde ve özellikle pik saatlerdeki kapasite kullanım oranlarını tespit etmek, hatlardaki araç sayıları ve araç kapasitelerini hat uzunlukları açısından kullanılabilirliğini irdelemek, gerekli görülen hatlara öneriler sunularak problemlilerde yaşanan sorunların iyileştirilmeleri amaçlanmıştır.

Tezin birinci bölümünde kent içi toplu taşımaya duyulan lüzumun çıkış noktası ve geçmişi hakkında kısaca bilgi verilmiş, toplu taşımanın sınıflandırması yapılarak toplu taşıma türleri kısaca tanımlanmış, kent içi toplu taşımanın önemi üzerinde durulmuştur. Tezin ikinci bölümünde, çalışılan konuya ilişkin kaynak özetlerine ve Erzurum'un kent içi trafiğinin mevcut durumu ve kentin yapısı hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışma kapsamında kullanılan materyal tanıtılmış, kullanılan yöntem ile Erzurum kent içi toplu taşımada bulunan envanterden kısaca bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, bir önceki bölümde belirtilen materyaller ve yöntem kullanılarak elde edilen bulgular sunulmuştur. Beşinci bölümde, elde edilen bulgular ışığında değerlendirme ve tartışmalar yapılarak belirlenen sorunlara çözüm önerileri sunulmuş, çalışmada başvurulan tüm kaynaklar sıralanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde kentiçi toplu taşıma sistemlerini, kentiçi toplu taşıma sistemlerinin seçiminde öne çıkan etmenler, sistemlerin performans özelliklerini irdeleyen çalışmaların özetleri verilmiştir.

Akad (2006) yaptığı çalışma kentiçi bir koridorda yapımı öngörülen toplu taşıma sistem seçimi için Beşiktaş- Levent koridoru ile Taksim- Aksaray koridorlarında otobüs yolu ve tramvay seçenekleri arasında değerlendirme yaparak farklı kentiçi toplu taşıma uygulamaları için bir yöntem geliştirmeyi amaçlamıştır.

Çalışmada sayısal ve sayısal olmayan ölçütlerin beraber değerlendirmeye dâhil edilebilmesi için analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde etkili olan ölçütlerin göreceli önem derecelerinin belirlenmesi için İstanbul Teknik Üniversitesi, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi ve Denizli Pamukkale Üniversitesinden ulaştırma konusunda uzman 35 kişiye anket uygulanmıştır. Toplamda 17 ölçüt arasından uzmanların en çok önem atfettikleri ölçütün “yolculuk süresi”, en az önem atfedilen ölçütün ise “proje ömrü ve sistemin proje sonundaki değeri” olduğu görülmüştür. Ölçütlerin önem dereceleri karşılaştırma matrisi ile ortalama değerleri alınarak her bir ölçütün analitik hiyerarşi yöntemindeki ağırlık katsayısı belirlenmiştir. Ayrıca modelin girdileri olarak kullanılan otobüs yolcu sayıları Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından yapılan “İETT Hatlarının etüdü ve Rehabilitasyon Projesi”nden derlenmiştir.

Modelin girdileri ve ölçütlerin ağırlık katsayılarına göre yapılan karşılaştırmalarda her iki toplu taşıma koridorunda da kullanılan yöntemle göre tramvay seçeneğinin daha tercih edilebilir durumda olduğu tespit edilmiştir.

Alp (2006), çalışmasında İstanbul’da İETT’ye ait farklı modellerde toplam 2574 adet otobüs barındıran 9 adet garaj mevcut olduğu belirtilmiş, bunlardan üç farklı modelde toplam 185 adet otobüs bulunan Kâğıthane garajındaki araçların duraklar arasında

yolculuk talep eden yolcu sayıları, mevcuttaki otobüs hatları, otobüs hatlarının sefer süreleri, her hattaki sefer sayısı ve kullanılan araç tiplerinin kapasiteleri göz önüne alınarak matematiksel modeller kurulması suretiyle her bir hatta kullanılan araç sayılarının ve sefer aralıklarının optimizasyonu amaçlanmıştır.

Çalışmada doğrusal programlamanın daha fonksiyonel bir türevi olan hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Doğrusal programlama yöntemi ile tek bir amaç ve tek bir ölçek ifade edilebilen problemlerin çözümü yapılabilmekteyken, hedef programlama yöntemiyle eşanlı olarak birden fazla ve farklı ölçekteki hedeflerin saptanabildiği belirtilmektedir.

Çalışmada 2006 yılı Mayıs ve Haziran dönemlerinde İETT tarafından her bir hat için tespit edilen duraklarda inen ve binen yolcu sayıları ile her bir otobüs hattının sefer süresi, sefer sayısı ve araç kapasite verileri kullanılarak matematiksel modeller kurulmuştur. Oluşturulan 6 adet model WINQSB programı aracılığıyla çözülmüştür.

Sonuç kısmında modellerin sefer sayılarına bakıldığında 1 numaralı modelin diğer modellerden farklı sonuçlar verdiği, bunun da sefer kısıtının süre kısıtından bağımsız olarak göz önüne bulundurulup değerlendirilmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Karacasu (2007), çalışmasında ulaştırma yatırımlarının belirsizlik içeren, dışsallığı olan yatırımlar olduğunu, bu belirsizliklerin önceden doğru analiz edilerek yatırımların değerlendirilmesi halinde daha gerçekçi sonuçların ortaya konulabileceğini ifade etmekte, belirsizliklerin analiz edilmesinde yöntem olarak Electre metodunu kullanarak ulaştırma yatırımlarının değerlendirilmesi için karar destek modeli oluşturulmasını amaçlamaktadır. Yazar, Electre metodunun belirli ölçütler ve bu ölçütlerin ağırlıklarına bağlı olarak seçeneklerin birbirine göre olan baskınlıkları ölçüsüne dayandığını ve bir seçenek eleme metodu olduğunu belirtmektedir.

Çalışmada kullanılan veriler; kullanıcı, işletmeci, sivil toplum örgütleri ve uzmanlar olarak 4 gruba uygulanan anketler sonucunda elde edilmiştir. Veri grubunda kullanıcılara 14 ölçüt(bilet ücreti, konfor, yolculuk süresi, durak şartları vb.), işletmecilere 13 ölçüt(yakıt maliyeti, bakım maliyeti, geleceğe yatırım, sigorta vb.), sivil toplum örgütlerine 6 ölçüt(çevresel etkiler, kamu memnuniyeti, engelliler için kolaylıklar vb.) ve uzmanlara diğer gruplara belirlenen ölçütlerin tamamı (toplam 33 ölçüt) uygulanmıştır. Ayrıca anketlerde kamu otobüs taşıması ve özel halk otobüsü olmak üzere 2 seçenek bulunmaktadır.

Toplanan verilerin Electre metoduna göre adım adım matrisleri oluşturularak sonuçlar tablolara aksettirilmiştir. Tablolar üzerinde yapılan değerlendirmelerde kamu otobüslerinin özel halk otobüslerine baskın geldiği, kullanıcı, işletmeci ve sivil toplum örgütlerinin özel halk otobüslerini, uzmanların ise kamu otobüslerini tercih ettiği sonucuna varılmıştır.

Uludağ (2010), yaptığı çalışmada İzmir kent içi otobüs ağı içerisinde yer alan Lozan ve Montrö duraklarında, özellikle sabah saatlerinde toplu taşıma araç yoğunluğunun yüksek olduğunu belirtmekte ve bu duraklardan geçen toplam 26 adet hattın yolcu talep değerleri, seyahat süreleri, araç kapasiteleri ve filo parametreleri kullanılarak doğrusal hedef programlama modeli geliştirilerek en uygun sefer sıklık değerlerini elde etmeyi amaçlamıştır. Ayrıca bu hatlardaki durak aralıkları, önce TSE standartları doğrultusunda incelenmiş, ardından durak erişim süresi ile araç içinde geçirilen seyahat süresinin en aza indirilmesini amaçlayan bulanık doğrusal modelleme tekniği ile geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamında Lozan ve Montrö duraklarında zirve saat diliminde (08:00-11:00), İzmir Büyükşehir Belediyesi Elektrik, Su, Hava Gazı, Otobüs ve Tramvay İşletmeleri (ESHOT) toplu taşımacılık kapsamında topladığı otobüs sefer süreleri ve yolcu talep değerleri kullanılmıştır.

Üzerinde çalışılan yol ağına ait en ideal sefer sıklığını veren doğrusal hedef programlama modelinin (SESMOD) karar değişkeni Lozan ve Montrö duraklarında

sabah 08:00-11:00 saatleri arasında geçen toplam 26 adet otobüs hattına ait sefer sayıları olarak kabul edilmiştir. Ayrıca üzerinde çalışılan Lozan ve Montrö duraklardan geçen 26 hatta ait mevcutta kullanılan otobüs filolarının o hatlardaki toplam yolcuların tamamına hizmet edebilmesi modelin sistem kısıtı olarak, 08:00-11:00 saatleri arasında toplam 180 dakikada çalışan otobüs sayısının, her hattın bir adet seferi için gereken süre ve hattaki sefer sıklık değeri modelin hedef kısıtları olarak belirlenmiştir. Ayrıca SESMOD ile belirlenen toplamda 26 adet hat üzerinde yer alan durakların en uygun aralık değerlerinin bulunmasını sağlayan Bulanık Doğrusal Programlama Modeli (BOMOD) geliştirilmiş, her bir durağa erişim ve durakta binen yolcuların araçta geçirecekleri toplam süre ile hat üzerindeki tüm duraklara erişimi ve araç içerisindeki toplam süreyi minimize eden optimal durak yerleri belirlenmiştir.

Modele ait karar değişkenleri, kısıtlar ve amaç fonksiyonları tanımlandıktan sonra bu parametreler WINQSB programına işlenerek model çalıştırılmıştır. Kurulan SESMOD modeline göre elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, mevcut durumda yolcu talebine oranla sefer sıklığının %26 daha fazla yapıldığı görülmüş ve sefer sıklıklarının belirlenen oranda azaltılması gerektiği, BOMOD modeline göre belirlenen durak yerlerine ise erişimin %7, araç içi toplam seyahat süresinin %43 ve toplam seyahat süresinde %36 azalma olduğu sonucuna varılmıştır.

Ceylan *et al.* (2010), Denizli ilinde yıllık ortalama nüfus artışı ile otobüsle toplu taşıma talebinin doğru orantılı arttığı yani mobilitenin değişmediği kabulü ile Kraft Talep Modelini $[Q=\alpha(P)^\beta]$ kullanarak otobüsle toplu taşıma talebini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Kraft talep modeli; ulaşım talebi(Q), bilet ücreti (P) ve α ve β olarak belirtilen sabit parametrelerin fonksiyonudur. Çalışmada Nisan 2008 ile Nisan 2009 aralığında, ay bazında toplu taşımacılıkta yolcu başına getiri ve taşınan yolcu sayıları kullanılmış olup bu iki parametre arasındaki ilişki Kraft Talep modeline göre belirlenmiş, bu ilişki üzerinden Mart 2011 kadar aylık bazda yolcu sayısı ve yolcu başına getiri 4 adet senaryo ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada, taşınabilecek yolcu sayısı belirlenirken yolcu başına gelirin doğrudan ilgili olduğu ve yolcu başına gelirlerde çok fazla artış olmadığı zaman taşınabilecek yolcu sayılarındaki değişikliğin çok fazla olmayacağı belirtilmiş, bu yüzden bilet fiyatlarının belirlenmesinde karar vericilerin dikkatli davranması gerektiği, artış oranının yüksek mertebede yapılması durumunda taşınabilecek yolcu sayısında azalma yaşanacağı, bunu da otobüsle toplu taşımacılığın cazibesini kaybedeceği ve bu yolla elde edilen gelirlerde azalma olacağı sonucuna varılmıştır.

Hatipoğlu ve Öztürk (2012), sürekli büyüme eğilimi gösteren kent merkezlerinde kişisel araç sahipliğinin sürekli arttığını, bu durum karşısında yerel yönetimlerin 1980’li yıllara kadar “sınırsız talep artışına sınırsız arz” ilkesinin benimsendiğini, yani sürekli artan talebe karşılık yeni yollar, şeritler ve köprüler inşa edildiğini, ancak bir süre sonra talep artışından dolayı tıkanıklıkların yeniden baş gösterdiğini belirtmektedirler. Yazarlar, yerel yöneticilerin 1980’li yıllarda bu durumun kısır bir döngü olduğunu, artan talep karşısında arzı arttırmak yerine Yolculuk Talep Yönetimi stratejilerini benimseyerek mevcut ulaşım altyapısından en yüksek kapasiteyle, en ekonomik şekilde ve çevreye en az zarar vererek şekilde yararlanabileceklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca son yıllarda Avrupa ve Amerika’da kullanımı sıklaşan tele çalışma stratejisinin de yollardaki yoğunluğu önemli ölçüde azaltacağı belirtmişlerdir.

Çalışmada Milli Eğitim Bakanlığı Kızılay Hizmet Binasında mesai başlangıç ve bitiş saatleri belli olan ofis çalışanlarının pik saatlerde özel araç yoğunluğunu azaltmak amacıyla yolculuk talep yönetimi stratejileri geliştirilmiştir. Kurum çalışanlarına anket çalışması uygulanarak ortalama araç kullanım oranı 2,88 olarak belirlenmiş, Ankara genelinde bu oranın yaklaşık olarak 3,25 olduğu belirtilmiştir. Bu değerler kullanılarak hedef yolculuk azaltma oranı %11,4 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kurum çalışanlarının yaklaşık %20’sinin haftanın 2 iş günü iş yerine gitmeden tele çalışma stratejisiyle evde çalışabileceklerini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, kurum yetkililerinin tele çalışma yapabilecek çalışanları için evlerine gerekli altyapı ve teknolojik donanımları sağlamaları, işyerinde toplu ulaşım merkezinin

kurularak çalışanların toplu ulaşımaya yönlendirilmeleri ve ucuz bilet temin etmelerini sağlamalarını, işe geç kalma ve erken ayrılma durumlarında kesinlikle müsamaha göstermeyerek toplu ulaşımaya olan talebi artırmaları gerektiği ifade edilmiştir.

Barut (2012), Antalya'da kent içi toplu taşımayı kullanan vatandaşların verilen ulaşım hizmetlerinin nasıl algıladıklarını araştırıp Türkiye'de kent içi ulaşım sistemlerinde hizmet düzeyini belirlemek için bir model geliştirmeyi amaçlamıştır. Soyut kavramlardan oluşan hizmetlerin ölçülebilmesi ve değerlendirilebilmesi için sayısallaştırılarak modellenmesi gerekmektedir. Bu sebeple hizmet kalitesinin ölçümünde en yaygın kullanılan ölçek olan Servqual yöntemi kullanılmıştır.

Bu yöntemle Antalya kent içi toplu taşımacılığının en yoğun olduğu dört ayrı hatta toplu taşıma kullanıcıları ile yüz yüze yapılan memnuniyet anketi çalışmalarıyla elde edilen veriler SPSS 19.0 programına yüklenerek ABD-TCRP 100 (Toplu Taşıma İşbirliği Araştırma Programı) çizelgeleriyle değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak Antalya ili kent içi toplu taşıma sisteminin, ABD-TCRP 100 çizelgesinde belirtilen kriterlere göre (servis süresi puanı, sefer aralığı, kapsama alanı vd.) hangi sınıfa girdikleri tespit edilmiştir.

Li *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada, Pekin kentindeki üç toplu taşıma hattında yolcu yük oranı, hizmet güvenilirliği, ortalama bekleme süresi ve ortalama çalışma hızı çıkış indeksi, sistem yöneticilerinin ve yolcuların bakış açıları girdi indeksi olarak belirleyerek MATLAB yazılımı yardımıyla veri zarflama metodu ile performans analizi yapmışlardır. Analiz sonucunda 105 numaralı güzergâhın yol koşullarının kötü olması, yolun dar olması ve ciddi trafik akışı olan toplayıcı caddelerle çakışmasından dolayı yoğun olmayan zaman aralığında 105/A hattının ortalama hızı 13,65 km/s ve 105/B hattının ortalama hızı 14,47 km/s ile tüm otobüs güzergah ortalamaları 18,75 km/s'ın çok altında olduğu, pik saatlerde ise 105/A hattının ortalama hızı 9,63 km/s ve 105/B hattının ortalama hızı 12,90 km/s ile yine tüm otobüs güzergah ortalaması olan 15,44

km/s'in altında olduğunu belirlenmiş ve bu hatların iyileştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Aydın (2013), yaptığı çalışmada İstanbul'da 4 farklı hatta çalışan (Kadıköy-Pendik, Kadıköy-Beykoz, Beşiktaş-Topkapı ve Taksim-Sarıyer) aynı özellikteki otobüslere ait ticari hızları belirleyerek bunun yakıt tüketimi üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Belirlenen bu dört hatta 2012 yılının Nisan ayında bir günlük hız ölçümü yapılarak (sabah 06:30 ile akşam 23:00 arası) ortalama hız değerleri saptanmıştır. Aynı hatlardaki araçların kat ettikleri mesafe ve tükettikleri yakıt miktarı İETT tatarından bilinmekte olduğundan her bir hattın lt/km değerleri hesaplanmıştır. Belirlenen hatlarda yakıt tüketimi ile ticari hız arasındaki ilişkiyi belirlemek için SPSS programı kullanılarak korelasyon analizi yapılmıştır.

Sonuç olarak ortalama ticari hızın 40km/h olduğu metrobüs hattında çalışan aracın yakıt tüketimi, aynı marka ve modele sahip 15F hattı üzerinde ortalama ticari hızı 19km/h olarak çalışan araçtan daha az olduğu görülmüş, bunun da kent içi ulaşımda ortalama hızın yüksek olduğu güzergâhlarda düşük olan güzergahlara göre lt/km bazında daha az yakıt tükettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Hassan *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada, toplu taşıma hizmet performansını ölçmek için çoklu bir çerçeve oluşturmuşlardır. Oluşturulan çerçevede nicel ve nitel ölçülerin ağırlıklarını konunun uzmanlarınca; yolcu yükü %29, araç %13 şebeke %10, ekonomi %20 ve kullanıcı memnuniyeti %28 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerle Abu Dabi kentine has veriler kullanılarak TOPSİS model analizi yapılmış ve hatların performans değerleri belirlenmiştir. Performans değerleri SPSS yazılımı kullanılarak kümeleme analizi yapılmış ve hatlar kötü, orta, makul ve iyi olmak üzere dört kümeye ayırılmış, hatların verimliliğinin artırılması, optimizasyonu ve iyileştirilmesi için çözüm önerileri getirmişlerdir.

Akın (2015), yaptığı çalışmada İstanbul'da ulaşım sorun ve metrobüs çözümü konusunu incelemiş, metrobüsün çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerini araştırmıştır. İstanbul'daki ulaşım sorunlarının temelinde kentin, toplu taşıma sisteminin yetersizliğinin bulunduğunu, bu nedenle özel araç kullanımının yaygınlaştığını belirtmektedir. Yazar, metrobüsün görünüşte toplu taşıma projesi olarak görüldüğünü, akılcı, çağdaş ve çevreci bir yatırım olmadığından esasında makro bir yanlış olduğunu belirtmektedir. Sebebinin ise; mevcut karayolunu iyice sıkıştırdığı, neredeyse hiç emniyet şeridinin bulunmadığını, herhangi bir kazada trafiğin felç olacağı, ambulans ve diğer acil geçişlerin mümkün olmadığını, metrobüs istasyonlarına ulaşmak için ara ulaşım yollarına başvurulması gerektiği ve kullanılan ithal araçların yaydığı karbon salınımına bağlamaktadır.

Demirel (2015), Kocaeli Büyükşehir Belediyesince 2025 yılı için hazırlanan Nazım Planında öngörülen arazi kullanımına göre bölgesel bazda tespit edilen öğrenci, nüfus ve istihdam sayılarına, gelecekteki özel araç sahipliği gibi yolculuk ve planlama parametrelerine bağlı olarak gelecekte oluşması muhtemel ulaşım talepleri 2010 yılında kalibre edilen model kullanılarak tahmin edilmiş, 2025 yılı için üretim çekim değerleri yolculuk amaçlarına göre hesaplanmış, oluşan talep tahmini doğrultusunda monoray, hafif raylı sistem ve hızlı otobüs taşımacılığı karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Model, yolculuk üretim/çekim modeli, yolculuk dağılım modeli, türel dağılım modeli ve yolculuk atama modeli olarak dört başlıktan oluşmaktadır. Modelin kurulması için veriler hane halkı ulaşım anketleri, nüfus, çalışan nüfus ve istihdam, araç sahipliği, yolculuk verileri, yolculuk süreleri, türel ayırım ve zaman gibi veriler kullanılmıştır.

Visum 12.0 programı aracılığıyla toplam 348 iç, 13 dış trafik zonu kodlanmış, yol ağı kapasitelerine göre otoyollar, kent içi hız yolları, kent içi birinci derece arterler, kent içi ikinci derece arterler, toplayıcı yolar ve yerel yollar olmak üzere 6 ana başlık altında toplanmıştır. Ayrıca ulaşım modellemesinin, trafik ve toplu ulaşım ataması için toplu ulaşım ağı da programa işlenerek program çalıştırılmıştır.

Kentin ana toplu ulaşım sistemi için talep tahmini doğrultusunda monoray, hızlı otobüs taşımacılığı ve hafif raylı sistem arasında yapılan karşılaştırmada, projelendirme ve inşaat maliyetleri bakımından hızlı otobüs taşımacılığının diğer sistemlere göre daha az maliyetli olduğu görülmüştür. Ancak incelenen koridordaki yüksek talep hafif raylı sistemi, birim zamanda sahip olduğu kapasite ve hız nedeniyle hızlı otobüs taşımacılığının bir adım önüne geçirmiştir. Araçların kapasite farklılıklarından dolayı hızlı otobüs sistemi ile hafif raylı sistemin servis kilometreleri arasında yaklaşık üç kata varan bir fark olduğu tespit edilmiş, bunun da işletme maliyetini doğrudan etkilediği belirtilmiştir. Monoray sistemlerinin ise gerek ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu gerek talebin yüksek olduğu koridorlarda talebe yeterli cevap verememesi nedeniyle değerlendirmede geri planda kaldığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar ve değerlendirmeler kent içi toplu taşıma sistemlerinin sosyal, kültürel, politik, ekonomik ve ekolojik gibi pek çok olgu ve kavramdan doğrudan etkilendiği ve etkilediğini açıkça ortaya koymaktadır. Yukarıda belirtilen kaynak özetleri de göz önüne alındığında, Erzurum kent içi toplu taşıma konusunda herhangi bir çalışma yapılmadığı görülmüş olup bu konudaki eksikliği gidermek amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Erol ve Ceylan (2015), Denizli ilinin Merkezefendi ve Pamukkale merkez ilçelerinde çalışan 15 minibüs hattının sabah zirve saatlerde (07.00-09.00) 95 otobüs hattından yaklaşık 9 kat fazla servis uzunluğuna sahip olduğunu ve 3 katı kadar yolcu taşıdığını belirtmişlerdir. Çalışmada en çok yolculuğun gerçekleştiği dört minibüs hattının, toplu taşımaya olan talep ile yolcuların konfor ve güvenliklerinin artırılması ve minibüslerin kent içi trafikte neden oldukları yoğunluğu ve kaza riskini azaltmak amacıyla otobüs hattına dönüştürülmesi ve bu dönüşümün sağlayacağı servis-km ve yakıt tasarrufunun belirlenmesi hedeflenmiştir.

Denizli Ulaşım Ana Planından toplam nüfusun yaklaşık %2'siyle yapılan hane halkı anketleriyle elde edilen Başlangıç-Variş (B-V) talebi verileri ile Denizli Toplu Taşıma Düzenleme çalışması kapsamında elde edilen taşıma güzergâhları, trafik akış yönleri,

durak yerleri, yolcu yoğunlukları ve sefer tarifeleri verileri, VİSUM yazılımı kullanılarak incelenmiştir.

Çalışmada, minibüs hatlarının otobüs hatlarına dönüştürülmesiyle, zirve saatte tüketilen yakıt miktarının 1083 lt değerinden yaklaşık %47 azalarak 573 lt'ye düşeceği, 6400 servis-km olan değerinin de yaklaşık %80 azalarak 1300 servis-km değerine düşeceği, bunun da ekonomik ve çevresel açıdan tasarrufa, toplu taşımaya olan talebin artmasına ve kent içi trafik yoğunluğunu rahatlatacağı sonucuna varılmıştır.

Özüysal *et al.* (2015), kent içi toplu taşımada güvenilirlik ölçütünü, bir çizelgelemeye ya da önceden belirlenmiş sefer aralıklarına ve sabit bir seyahat süresine bağlı kalma yeteneği olarak tanımladıkları çalışmada, İzmir kent merkezinde 61 iş gününde, belirlenen bir çalışma alanından geçen 45 otobüs hattının uzunlukları ile bu hatlara ait güzergâhlardaki durak sayılarının güvenilirliğe olan etkisini saptanmayı amaçlanmıştır. Bu kapsamda hatların baz güvenilirlik ölçütü, durağa varış sürelerinin ortalamasının standart sapmasına oranlanarak belirlenmiş, ölçütün hat uzunluğu ile durak sayısı arasındaki ilişkinin sınanması için regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, otobüs hattındaki her bir kilometrelik uzamanın güvenilirliği yaklaşık olarak %14 oranında, hatta ilave edilecek her yeni durağın da güvenilirliği yaklaşık %6 oranında azalttığı sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma materyalini, Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Daire Başkanlığı'nın tuttuğu, kent içinde çalışan toplu taşıma otobüslerinde taşınan yolcu sayıları, her bir hattın uzunluğu, hatlarda çalışan araçların sayıları ve kapasiteleri ile hatların çalışma süresi oluşturmaktadır.

3.1.1. Erzurum ilindeki kent içi toplu taşımının mevcut yapısı

Başta plansız kentleşmenin getirmiş olduğu özellikle kent merkezindeki sokak ve caddelerin dar ve düzensiz oluşu Erzurum ili kent merkezinde ulaşımın aksamasına ve sıkça dur-kalk oluşumuna sebep olmaktadır. Trafik yoğunluğunun yüksek olduğu sokak ve caddelerde taşıtların park etmelerine müsaade edilmesi, buna ilaveten yaya trafiğinin de yoğun olması zaten kısıtlı olan ulaşım kanallarının daha da tıkanmasına ve kent içi ulaşımın kimi yerlerde zaman zaman durma noktasına getirdiği görülmektedir.



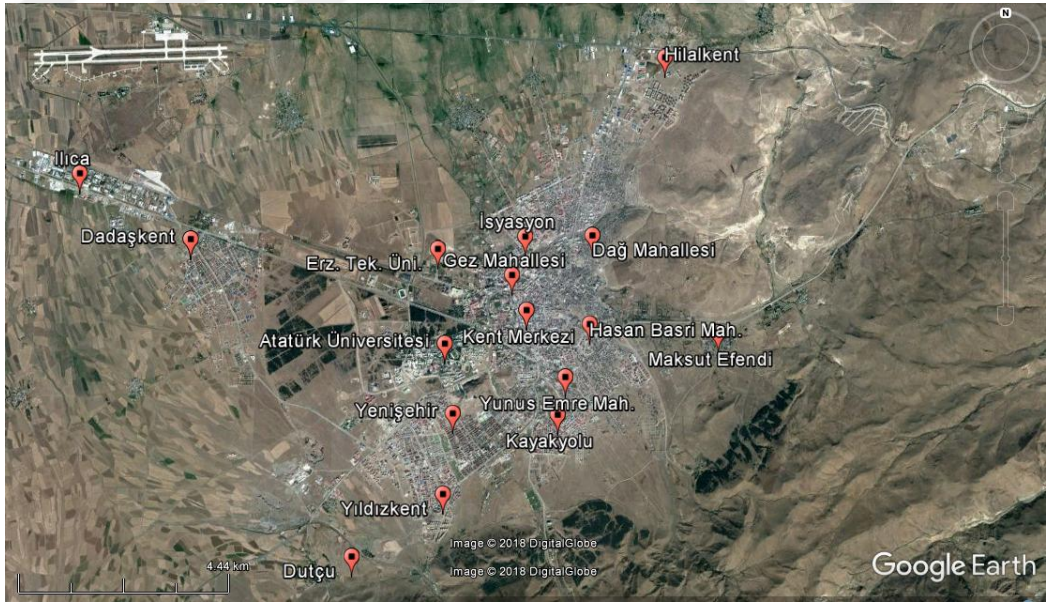
Şekil 2.1. Erzurum ili kent içi trafiğin yoğun olduğu bazı bölgeler

Erzurum İli içerisinde Erzincan-Kars, Bingöl-Artvin ve Ardahan karayolları geçmektedir. Kentin yakın bölgesiyle olan bağlantıları ve bölgelerarası geçiş noktası

olması nedeniyle Erzurum kent içi karayolları üzerinde trafik yükü oluşmaktadır (EUAP 2012).

Trafik akımının zaten yoğun olduğu ulaşım kanallarının toplu taşıma araçlarının güzergâhları içerisinde oluşu ve toplu taşıma araçlarınca sıkça kullanılıyor olması kent içi ulaşımı daha çok içinden çıkılmaz bir hale getirmektedir. Bu da beraberinde ulaşımda aşırı zaman kaybına, bunun getirdiği olumsuz psikolojik tepkilere, ilave maliyetlere, kaza riskinin artmasına, dolayısıyla mal ve can kayıplarına, taşıtlardan salınan gazlarla çevre kirliliği ve benzeri problemlerin meydana gelmesine sebebiyet vermektedir.

Daha önceki bölümde de belirtildiği üzere Erzurum ilinde, yerleşim şekli bakımından dağınık ve birbirinden kopuk meskûn mahaller bulunmaktadır. Bu da bazı hatların boylarının oldukça uzun olmasına neden olmaktadır.



Şekil 2.2. Kent içinde belli başlı mahalleler

Hatta bazı hatların şehre yakın köylere kadar hizmet verdiği görülmüştür. Bu da güzergâhın uzamasına, hat süresinin artmasına ve kapasitenin altında yolcu taşınarak hattın düşük verimle çalışmasına neden olabilmektedir.

Ayrıca geniş ve dağınık bir şekilde yapılan kentleşme, kent çeperleri ile kent merkezine ve kentin diğer uğrak noktalarına (üniversite, hastaneler, belediyeler ve diğer kamu kurumları ile alışveriş merkezleri) ulaşımı güçleştirmekte, ilave zaman ve maliyetin kayıplarına neden olmaktadır.



Şekil 2.3. Kent içi toplu taşımının hizmet verdiği kente yakın köyler.



Şekil 2.4. Erzurum'da yerleşimin yoğun olduğu bölgeler

Belirtilen problemlerin meydana gelmelerini önlemek ve/veya mevcut problemleri gidermek için odağında kent içi toplu taşımanın yer aldığı, titiz çalışmalar sonucu ortaya konması gereken kent içi ulaşım planının oluşturulup hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Güvenilir, erişilebilir, ekonomik, çevreci ve esnek bir kent içi toplu taşıma modeli tesis etmek için geniş kapsamlı, noktasal ve anlık verilere ulaşmak gerekebilir. Ancak bu verileri elde etmek ve/veya derlemek pek çok zaman mümkün olmamaktadır. Bu noktada geçmişten günümüze gelişen tecrübelerle dayanarak tahminler yürütme yoluna gidilmelidir.

Bu çalışmada, son yıllarda hızlı bir büyüme eğilimi gösteren Erzurum ilindeki mevcut kent içi toplu taşıma sistemindeki taşıtların kapasitelerinin etkin kullanımı ve toplu taşımadaki hatların güzergâh uzunluklarının hat kapasitesi, taşınan yolcu sayısı ve kapasite kullanım oranları arasındaki ilişki ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu sayede bir hizmet sektörü olan toplu taşıma sisteminin etkinliğini arttırılarak toplu taşımaya olan talebin arttırılması, kent içindeki trafik yükünün hafifletilmesi ve toplu taşımadan kaynaklı çevresel sorunlar ile harcanan kamu kaynaklarının azaltılması amaçlanmıştır.

Kent içi toplu taşımada belediye ve halk otobüsleri ile minibüsler kullanılmaktadır. Erzurum Büyükşehir Belediyesi envanterinde toplamda 33 güzergâhta, iki farklı tip ve kapasitede 205 adet otobüs, altı farklı hatta olmak üzere toplam 94 adet minibüs bulunmaktadır. Otobüslerin güzergâh uzunlukları birbirinden oldukça farklı olup 15 ila 55 km uzunlukları arasında değişmektedir. Otobüsler 58 ve 100 kişi kapasiteli olup Dadaşkent, Hilalkent, Ilıca, İstasyon, Yıldızkent ve Kayakyolu olmak üzere altı farklı sevk ve idare merkezinden yönlendirilmektedirler.

Çizelge 2.1. Hatların harekete başladıkları sevk ve idare merkezleri.

Sevk İdare Merkezi	Hatlar
Ilıca SİM	B1, B7
Dadaşkent SİM	B2/A, B2, B3, B6
Hilalkent SİM	G9, K3, K7, K7/A, K10
Kayakyolu SİM	G4, G5, G10
Yıldızkent SİM	G3, G6, G7, G7/A, K2,D1
İstasyon SİM	B4, B5, G1,K1,K8, G4/A, G8, K4, K5, K6, K9,B8,G2

Kent içi nüfus yoğunluğunun artışına paralel olarak trafik yoğunluğunda da son yıllarda sürekli artış görülen Erzurum ili, geniş ve dağınık bir alana yayılmış olup birbirinden ve kent merkezinden uzak ve kopuk meskûn mahallerden oluşmaktadır. Şehirdeki en yoğun ulaşım talebi, kent merkezine yakın yerlerde konumlanmış üniversiteler, hastaneler, diğer kamu kurumları ve alış-veriş merkezlerine olduğu bilinmekte, toplu ulaşım sisteminin de bu talep doğrultuda güzergâhlara sahip olması gerekmektedir. Ayrıca güzergâhların çokça uzun olmamaları ve özellikle pik saatlerde taşıtların kapasiteyi karşılayacak sayıya ve frekans aralığına sahip olmaları toplu taşımayı kullanımına olumlu yönde etki edeceği açıktır.

Erzurum kent içinde toplu taşımada otobüs işletmeciliğinin yanı sıra toplam altı farklı güzergâhtan oluşan minibüs (ara toplu taşıma) ağı da bulunmaktadır. Ancak minibüslere ait güzergâh, taşıt, kapasite ve yolcu verileri yeterli ve düzenli tutulmadığı ve mevcut verilerin de sağlıklı olmadığı görüldüğünden çalışmada minibüs toplu taşımaya yer verilmemiştir.

Başta güvenilir olmak üzere erişilebilir, ekonomik, çevreci ve esnek bir kent içi toplu taşıma sistemini belirlemek için kurulan karşılaştırma modellerinde, kullanılacak her türlü veri geniş kapsamlı ve titiz çalışmalar sonucu elde edilmelidir. Ulaşılması ve/veya

derlenmesi mümkün olmayan veriler tahmin yöntemleri kullanılarak saptanmalı, hata payı en aza indirgenmelidir. Böylelikle kent için yukarıda belirtilen kıstaslar (güvenilir, ekonomik, vd.) açısından mevcut sistemde var olan sorunlar giderilebilecek, gerekliyse yeni bir kent içi ulaşım modeli belirlenebilecektir.

Mevcut kent içi toplu taşımada belirlenen sorunların çözümü için üretilen alternatiflerin veya sunulan yeni bir kent içi toplu taşıma türünün uygulanabilmesi, kent karar vericilerinin yani siyasi otoritenin tasarrufunda olmakla beraber son sözü yine karar vericiler söylemektedir.

Otobüslerde akıllı bilet (Kardelen Kart) uygulaması mevcut olup bu sayede her bir hatta taşınan yolcu sayıları Büyükşehir Belediyesi tarafından bilinmektedir. Tez çalışması kapsamında kullanılan veriler Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Dairesi Başkanlığından temin edilmiştir. Ancak aynı husus minibüsler için geçerli olmayıp, ücret toplama yöntemi elden nakit yapılmakta, bu sebeple taşınan yolcu sayısı tam anlamıyla bilinmemektedir. Minibüslerle taşınan yolcu sayısı verisi olmadığından tez çalışmasında bu toplu ulaşım türüne yer verilmemiştir.

3.1.2. Çalışma kapsamında kullanılan veriler

Çalışma kapsamında kullanılan materyalleri gün içerisinde taşınan toplam yolcu sayısı ve pik saatlerde taşınan yolcu sayıları, kullanılan toplu taşıma araç sayıları ve taşıtların kapasiteleri ile kullanılan güzergâh uzunlukları sayıları olarak sıralamak mümkündür.

Kent içi toplu taşımada kullanılan otobüslerin tamamına yerleştirilen akıllı bilet uygulaması sayesinde her bir güzergâhta günlük taşınan yolcu sayısı verileri Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Dairesi Başkanlığı'ndan temin edilmiş olup çalışmada 09.04.2018-15.04.2018 tarihleri arasındaki bir haftayı kapsayan veriler kullanılmıştır.

Ayrıca çalışmada kullanılan hat sayıları ve her bir hattaki araç sayıları ve kapasiteleri Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Daire Başkanlığı Toplu Taşıma Şube Müdürlüğünden ve Büyükşehir Belediyesine ait web sitesinden temin edilmiştir.

Güzergahlarda haftalık bazda taşınan toplam yolcu sayıları **EK 2** ve **EK 3**'te verilmiştir. İlerleyen bölümlerde yapılacak olan hesaplamalarda bu veriler kullanılacaktır.

Kent içi toplu taşımacılığında gün içinde taşınan yolcu sayılarının yanı sıra toplu taşımaya olan talebin en yüksek olduğu zaman dilimlerinde taşınan yolcu sayıları da önem arz etmektedir. Bu zaman dilimleri Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Toplu Ulaşım Şube Müdürlüğü tarafından sabah 07.20-08.20 saatleri aralığında, akşam ise 15.30-16.30 saatlerinde aralığında olduğu bilgisi edinilmiştir. Öğle saatlerin de ise kent içi trafik yoğunluğunun yüksek olduğu, ancak bu durumun toplu ulaşımaya olan talep noktasında olumlu etkilemediği EBB verilerinde görülmektedir.

Bölümün başında da belirtildiği üzere 58 ve 100 kişi kapasiteli olmak üzere iki farklı taşıt türü kullanılmaktadır. 58 kişi kapasiteli araçlar özel halk otobüsü, 100 kişilik araçlar belediye otobüsü statüsünde çalışmaktadırlar. Her bir hatta bu araç türünden yalnız biri bulunabileceği gibi aynı hatta iki tür araçta bulunabilmektedir. Ayrıca her hatta bulunan taşıt sayısı hattaki kullanım sıklığına bağlı olarak farklılık arz etmektedir. Bunun yanında hatların bazılarında hafta içi ve hafta sonu çalışan araç sayıları da farklı olabilmektedir.

Bunun yanında hatlardaki her bir aracın gün içerisinde yapacağı tur sayısı farklı olabilmektedir. Bunun içindir ki kapasite hesaplamalarında araç kapasitesinin toplam tur sayısı ile çarpılarak bulunan değer kullanılmıştır.

Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Daire Başkanlığından temin edilen her bir güzergahta hafta içi ve hafta sonu gün içinde taşınan toplam yolcu sayısı(TYS) ile güzergahlarda çalışan taşıtların kapasitelerinin gün içerisindeki toplam tur sayısı ile çarpılması sonucu tespit edilen toplam kapasite **EK 6**'da görülmektedir.

EK 7 ve **EK 8**'de her bir güzergahın kapasite kullanım oranını (KKO) değeri görülmektedir. Bu değer, her gün için ayrı ayrı güzergâhlarda taşınan yolcu sayısının, güzergâhta taşınabilecek kapasiteye bölünmesiyle belirlenmiştir.

Ayrıca ilerleyen bölümlerde hafta içi ve hafta sonu KKO değerleri hesaplamalarda kullanılacak olup her bir gün için hesaplama yapmak zor olabileceğinden hafta içi ve hafta sonu KKO'nun ortalama değerleri (**EK 9**) kullanılacaktır.

3.2. Yöntem

Kent içi toplu taşımada, her bir hatta çalışan taşıt kapasitelerinin verimli kullanılması toplu taşıma işletmesi açısından ve toplu taşımaya olan ilgi bakımından oldukça önem arz etmektedir. Bu bağlamda her bir hattın hafta içi ve hafta sonu kapasite kullanım oranları belirlenecektir (Önder 2011).

$$\text{Kapasite kullanım oranı (KKO)} = \left(\frac{\text{Yolcu sayısı}}{\text{Otobüsün kapasitesi}} \right) * 100 \quad (3.1)$$

Belirlenen hafta içi ve hafta sonu KKO ile hafta içi sabah ve akşam pik saatlerde taşınan yolcu sayısı verileri, istatistiksel analiz yöntemlerinden olan hiyerarşik olmayan kümeleme analizi yöntemi ile IBM SPSS Statistics Version 20 programı kullanılarak incelenmiştir. Hatlar altı farklı senaryo altında düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç ayrı kümede dağıtılarak optimal verimlilikte çalışmayan hatlar belirlenecektir.

3.2.1. Kümeleme analizi

Kümeleme analizi, nispeten heterojen olan farklı gruplardaki gözlem yapılarını gruplamaya olanak sağlayan ya da nispeten homojen olan grup, küme ve veri setlerinin gözlem sonuçlarını tek parça olarak birleştirmek için kullanılan bir yöntemdir (Atalay 2010).

Sıkça kullanılan diğer çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden farklı olarak normallik, doğrusallık ve homojenlik varsayımları kümeleme analizi yönteminde prensipte kalmakta ve uzaklık değerlerinin normalliği yeterli görülmektedir (Atalay 2010).

Analizin ana amacı, benzer değişkenleri sahip oldukları karakteristiklere göre görece homojen gruplara toplamak ve gruplar arası heterojenliği maksimize etmektir. Kümelerin geometrik gösteriminde kümeleme başarılı ise küme içindeki elemanların birbirine yakın olduğu, kümelerin ise birbirine görece uzak yerleştiği görülecektir.

Kümeleme analizi, herhangi bir X veri matrisinde yer alan ve doğal gruplamaları bilinmeyen değişkenleri, birimleri ya da değişken ve birimleri belirli bir benzerlik içeren alt kümelere ayırmaya yardımcı olur. Bu yöntemde, birimleri p değişkene göre hesaplanan ve benzerlik ölçüsü olarak bilinen bazı ölçüler kullanılarak homojen gruplara bölmek amacıyla kullanılır. Bu amaçlar dört grupta toplanabilir (Atalay 2010).

1. n sayıda birimi, nesneyi, oluşumu, p değişkene göre saptanan özelliklerine göre olabildiğince kendi içinde homojen ve kendi aralarında heterojen alt kümelere ayırmak,
2. p sayıda değişkeni, n sayıda birimle saptanan değerlere göre ortak özellikleri açıkladığı varsayılan alt kümelere ayırmak ve ortak yapıları ortaya koymak,
3. Hem birimleri hem de değişkenleri birlikte ele alarak, ortak n birimi p değişkene göre ortak özellikli alt kümelere ayırmak,
4. Birimleri, p değişkene göre saptanan değerler için, izledikleri biyolojik ve tipolojik sınıflamayı ortaya koymak.

Kümeleme analizi, birim ve nesnelere benzerlik esasına göre kümeleme işlemi yapar. Benzerlikler, birim ve nesne çiftleri arasındaki uzaklığın ölçüsü olarak tanımlanır (Atalay 2010). Gözlenen vektörler arasındaki uzaklıkları hesaplamak için kullanılan yöntemlerden belli başlı olanları aşağıda verilmiştir (Akçayol 2011).

- **Minkowski uzaklığı:** p sayıda değişken göz önüne alınarak gözlem değerleri arasındaki uzaklığın hesaplanması söz konusu olduğu durumlarda Minkowski uzaklığı kullanılabilir.

Söz konusu uzaklık şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$d(A, B) = \left[\sum_{k=1}^n |A_k - B_k|^m \right]^{1/m} \quad (3.2)$$

Manhattan uzaklığı: Minkowski uzaklığı bağıntısında m=1 olduğu özel durumda gözlemler arasındaki mutlak uzaklıkların hesaplanması yöntemidir.

Söz konusu uzaklık şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$d(A, B) = \sum_{k=1}^n (|A_k - B_k|) \quad (3.3)$$

Öklid uzaklığı: Uygulamada en çok kullanılan Öklid uzaklık bağıntısı, Minkowski uzaklık bağıntısında m=2 olduğu özel durumudur ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$d(A, B) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (A_k - B_k)^2} \quad (3.4)$$

Pearson uzaklığı: Öklid uzaklığının değişkeninin varyansına bölünmesiyle elde edilen uzaklıktır. Standardiz Öklid uzaklığı olarak da adlandırılmakta olup aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$D_{ij}^{Pearson} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}}{S_k} \quad (3.5)$$

Kümeleme analizi yöntemleri, uzaklık ya da benzerlik matrislerinden faydalanarak birimler ya da değişkenler, kendi içinde homojen ve kendi aralarında heterojen gruplara ayırırken, grupları belirlemede izledikleri yaklaşımlara göre hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri(K-ortalamlar) olarak temelde iki gruba ayrılırlar (Atalay 2010).

Uygulandıklarında kaç küme oluşacağı önceden bilinmeyen hiyerarşik olmayan kümeleme(K-ortalamlar) yöntemlerinden en sık kullanılanları şunlardır (Atalay 2010).

- Tek bağlantı (en yakın komşuluk) kümeleme yöntemi,
- Tek bağlantı (en uzak komşuluk) kümeleme yöntemi,
- Ortalama bağlantı yöntemi,
- Ward bağlantı kümeleme yöntemi,
- Küresel ortalama bağlantı yöntemi,
- McQuitty bağlantı kümeleme yöntemi.

K-ortalamlar kümelerinde diğer bir önemli husus da, gözlemlerin küme üyeliği ile gözlemlerin küme merkezlerinden uzaklığıdır. Bu iki veri, her kümede yer alan gözlemlerin homojenliğini ve birbiriyle olan yakınlığını gösterir. Ayrıca ilk küme merkezleri ve değişkenlerin her kümedeki ortalaması da ANOVA ile bulunmaktadır.

Verilerin SPSS yazılımı kullanılarak, hiyerarşik olmayan kümeleme analizi yöntemiyle kümelere ayrıldıktan sonra, nispeten karmaşık olan program çıktılarını yorumlayabilmek için aşağıdaki terimlerin bilinmesi gerekmektedir.

İlk küme merkezleri: Önceden belirlenen kümelerin, değişkenlere göre merkezlerini bilmek gerekmektedir. İlk küme merkezleri, aritmetik ortalama olmayıp sadece her kümenin o değişkene göre merkezini gösterir.

Tekrarlama bilgileri: İşlemin tekrarlama sayısını gösterir. En fazla 10 tekrarlama (iterasyon) önerilmektedir. Ancak küme daha az işlemle oluşuyorsa, tekrarlamanın 10'a kadar devam etmesine gerek yoktur.

Küme üyeliği: Hiyerarşik olmayan kümeleme yönteminde önemli çıktılardan olup hangi gözlemin hangi kümeye ait olduğu ve her gözlemin üyesi olduğu kümeden uzaklığı da bu tabloda belirtilmektedir. Ayrıca araştırmacılar bu tablodan, her kümenin üyelerini alt alta getirerek ve ortak özelliklerini gözlemleyerek bu gözlemlere bir isim verebilirler.

Sonuç (Final) küme merkezleri: Değişkenlerin, kümelere göre ortalamasını gösterir.

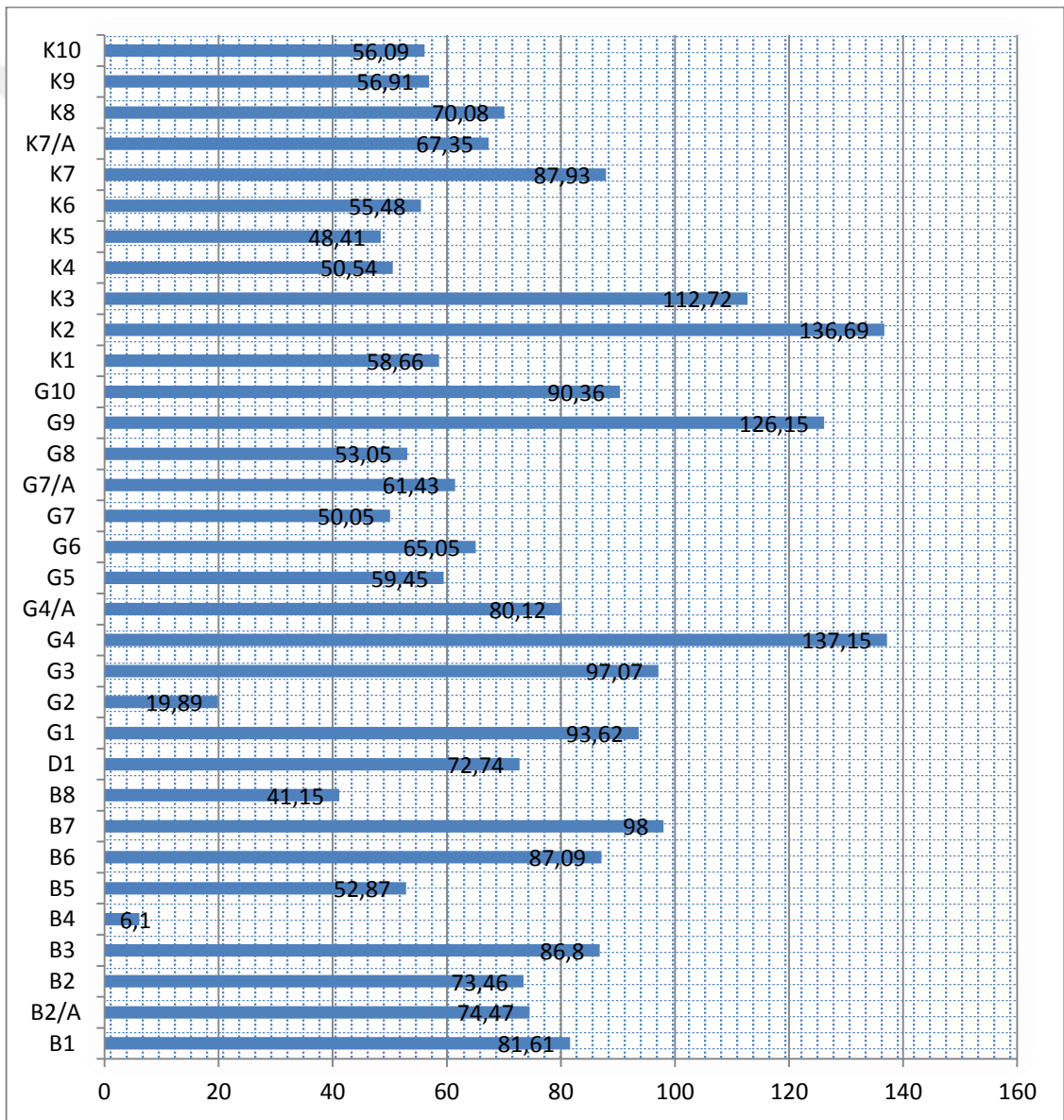
Sonuç (Final) küme merkezleri arasındaki mesafeler: Bu sonuç, hangi kümenin bir diğerine ne kadar uzak olduğunu gösterir. İki küme arasındaki uzaklık değeri, diğerlerine göre ne kadar küçükse, bu iki küme birbirine diğerlerine göre o kadar yakın yani benzerdir denilir. Uzaklık değeri büyüdükçe benzerlik azalmaktadır. Bu sonuçlar, kümelere isim verildikten sonra daha anlamlı ve önemli olmaktadır.

ANOVA sonuçları: Değişkenlerin, kümelere göre farklılıklarının öğrenilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Değişkenlerin kümelere göre farklı çıkması doğaldır. Çünkü kümeleme analizi ile kümeler arası fark en üst düzeyde belirlenmiştir. ANOVA verileri sadece tanımlayıcı amaçlar için kullanılmaktadır.

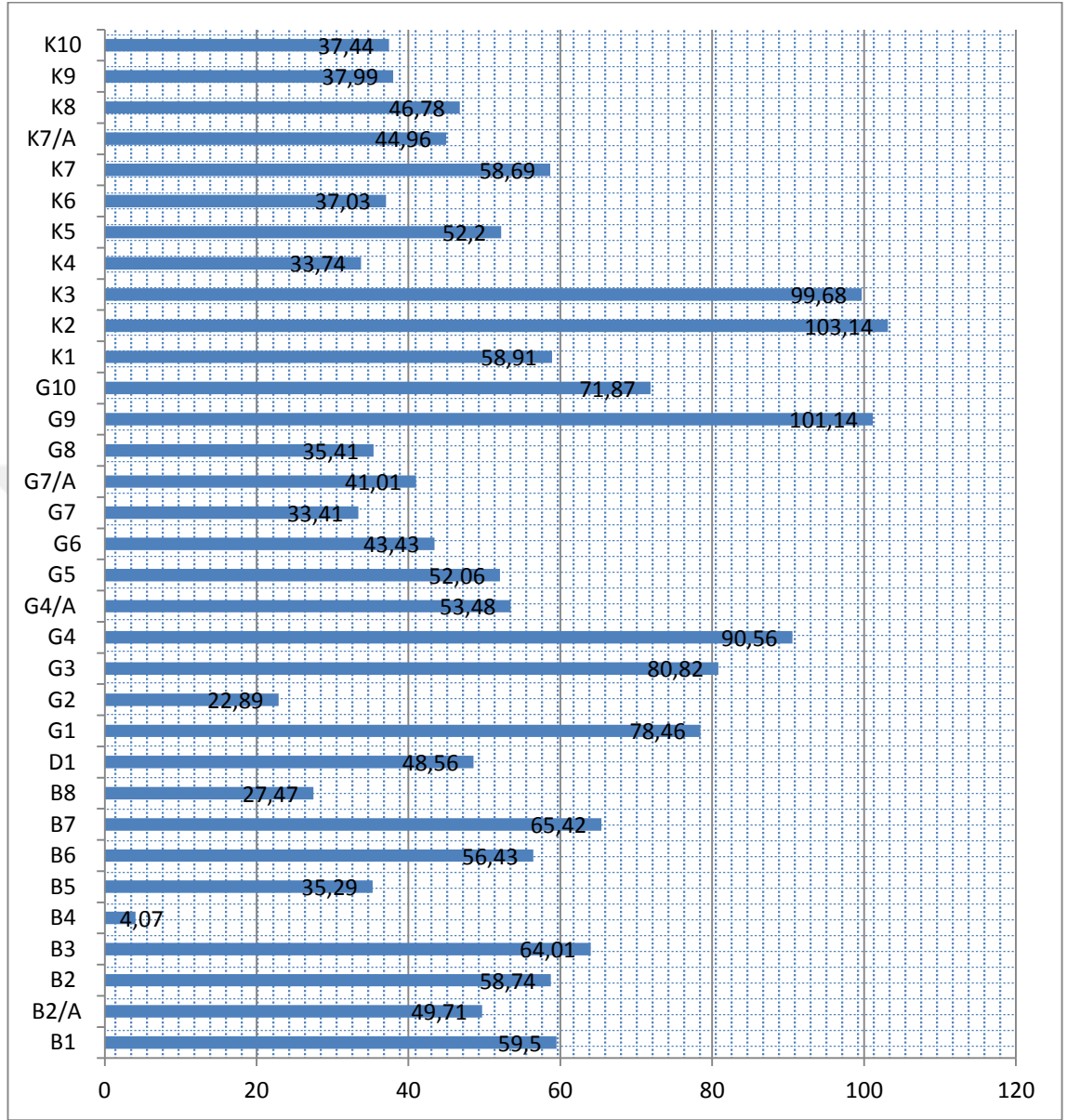
Kümelerdeki birim sayısı: Her kümede kaç üye olduğu önemlidir. Her kümedeki üye sayısının eşit olması şart değildir. Ancak kümelerdeki üye sayıları arasında büyük farklar olması istenen bir durum değildir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Yapılan çalışma kapsamında ilk önce hatların hafta içi ve hafta sonu kapasite kullanım oranları belirlenmiştir. **EK 2** ve **EK 3**'te verilen toplam yolcu sayıları ve **EK 6**'da verilen hatların kapasite değerleri kullanılarak formül 3.1 ile hesaplanan hafta içi ve hafta sonu ortalama KKO, **EK 9**'da yer almaktadır

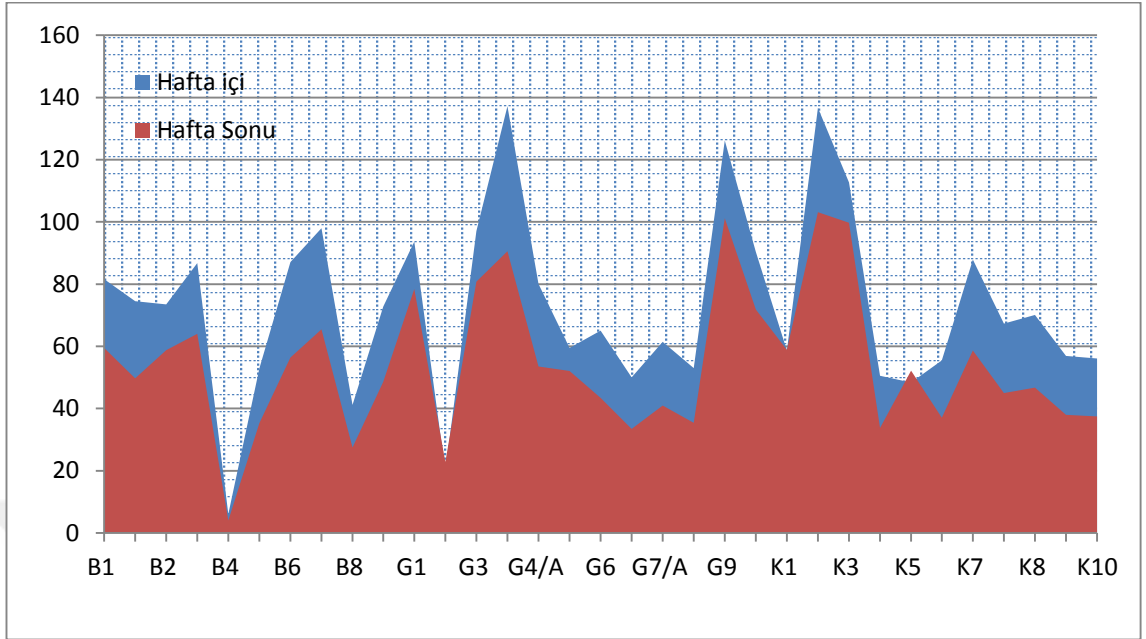


Şekil 4.1. Her bir hattın hafta içi ortalama kapasite kullanım oranları (%)



Şekil 4.2. Her bir hattın hafta sonu ortalama kapasite kullanım oranları (%)

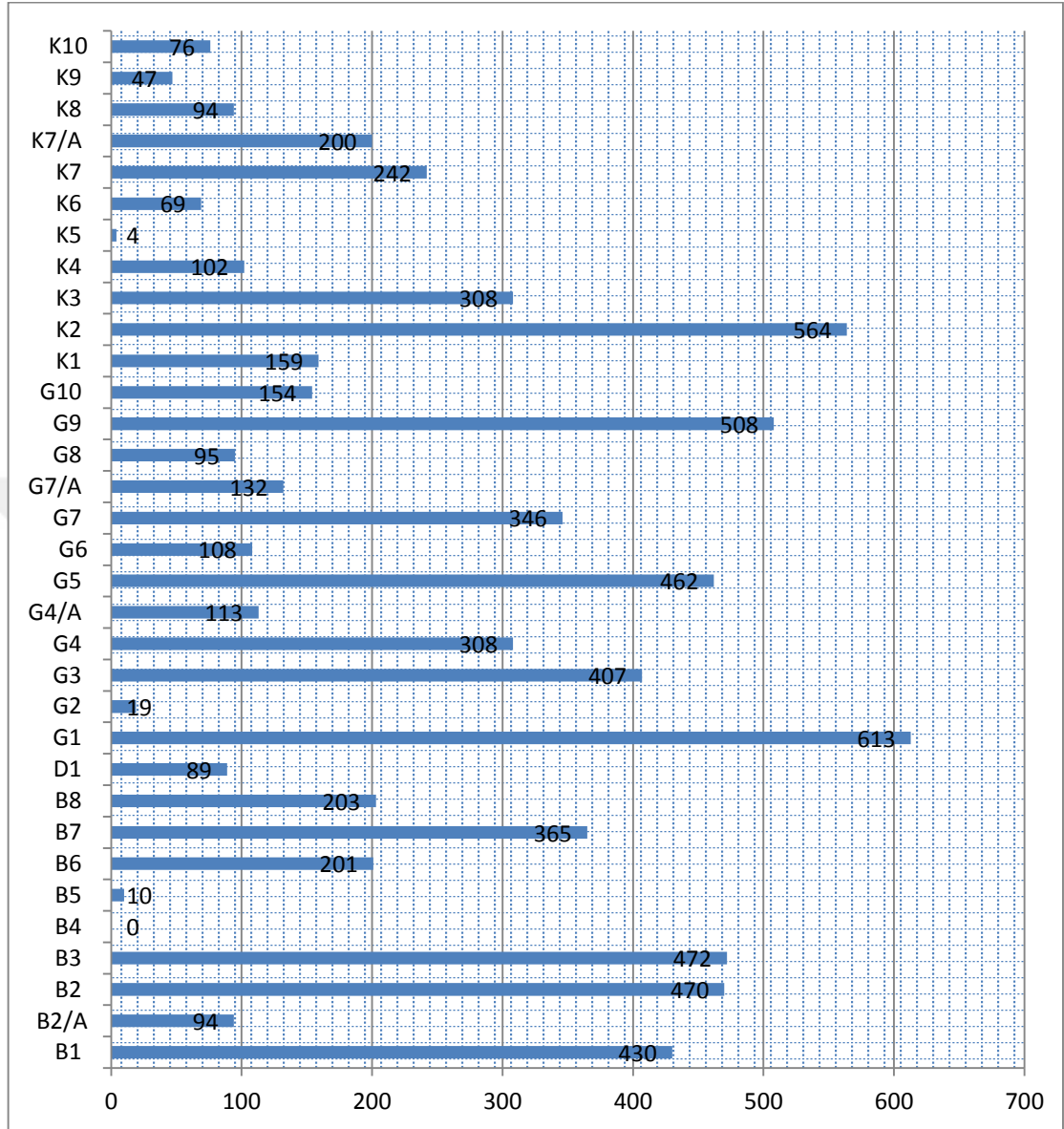
Hafta içi KKO'nın bazı hatlarda %100'ün üzerinde olduğu, bazı hatlarda ise çok düşük oranda olduğu Şekil 4.1'de görülmektedir. Yine benzer şekilde hafta sonu KKO'nın da bazı hatlarda kapasitenin üzerinde, bazılarında da kapasitenin çok altında kaldığı Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.3. Hafta içi ve hafta sonu KKO verilerinin karşılaştırılması

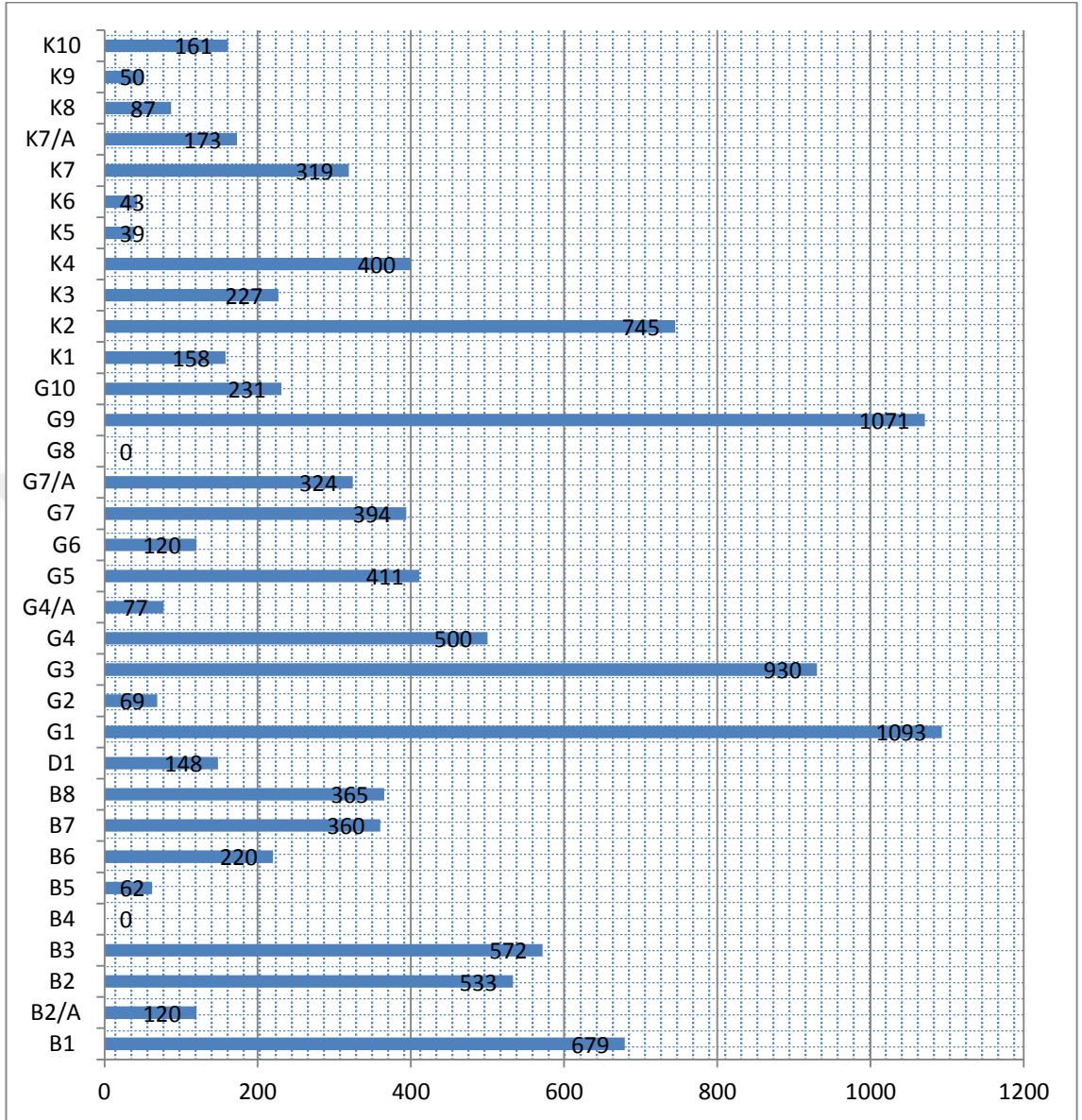
Şekil 4.1 ve 4.2 dikkatli incelendiğinde ve sayısal değerleri beraberce Şekil 4.3 üzerinde gösterildiğinde hafta sonu KKO değerlerinin G2, K1 ve K5 hatları dışında diğer tüm hatlarda hafta içi KKO değerlerine göre düştüğü net bir biçimde görülmektedir.

Diğer taraftan hafta içi sabah ve akşam pik saatte taşınan günlük ortalama yolcu sayıları **EK 10** ve **EK 11**'de verilmiştir. Hafta içi günlere (09-13.04.2018) ait bu verilerin toplamı beşe bölünerek akşam ve sabah pik saatlerde ortalama taşınan yolcu sayısı belirlenmiş olup **EK 12**'de verilmiştir.



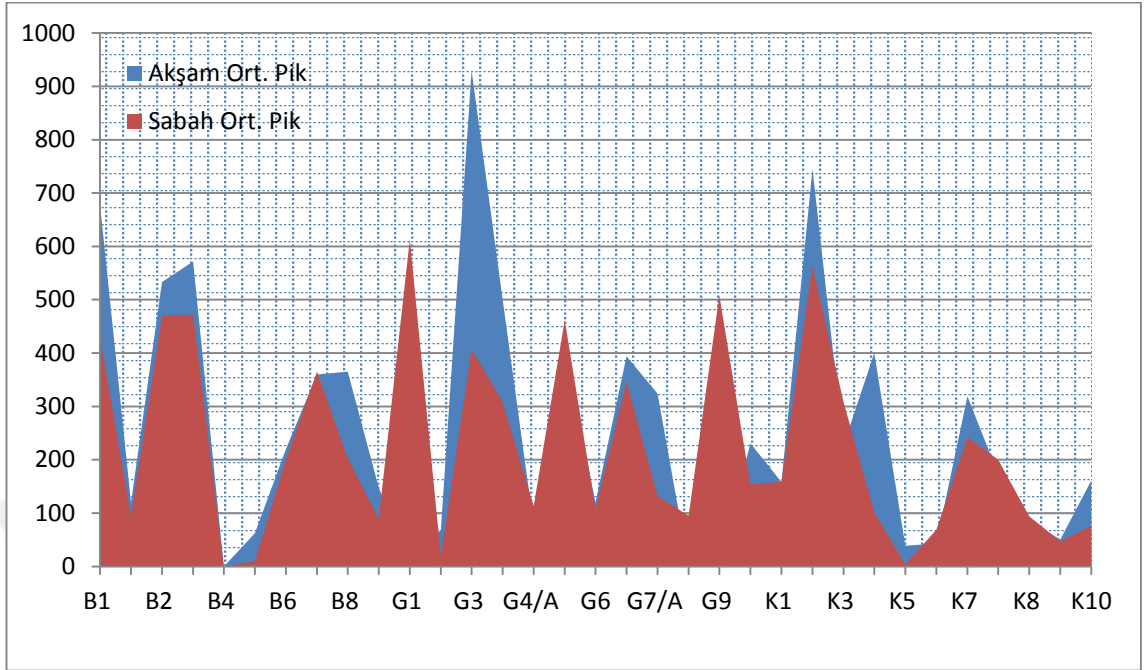
Şekil 4.4. Hafta içi sabah pik saatte taşınan ortalama yolcu sayısı.

Hafta içi sabah pik saatte G1, G9 ve K2’de diğer hatlara oranla daha fazla, B5, G2 ve K5 hatların da ise oldukça az yolcu taşındığı ve B4 hattında ise hiç yolcu taşınmadığı Şekil 4.4’te görülmektedir.



Şekil 4.5. Hafta içi akşam pik saatte taşınan ortalama yolcu sayısı

Hafta içi akşam pik saatte ise B1, B2, B3, G1, G3, G4, G9 ve K2 hatlarında diğer hatlara nazaran daha fazla yolcu taşındığı, B4 ve G8 hattında ise hiç yolcu taşınmadığı görülmüştür.



Şekil 4.6. Hafta içi sabah ve akşam pik saatte taşınan ortalama yolcu sayılarının karşılaştırılması

Hafta içi, sabah ve akşam pik saatte taşınan ortalama yolcu grafiği (Şekil 4.6) incelendiğinde, hatların büyük çoğunluğunda akşam pik saatte taşınan yolcu sayısının sabah pik saatte taşınan yolcu sayısından daha fazla olduğu görülecektir.

Çalışma kapsamında yapılan kümeleme analizi senaryoları sırasıyla aşağıda verilmiştir.

- Hat no - Hafta içi KKO
- Hat no – Hafta sonu KKO
- Hat no – Hafta içi KKO & Hafta sonu KKO
- Hat no – Sabah Pik OYS
- Hat no – Akşam Pik OYS
- Hat no – Sabah Pik OYS & Akşam Pik OYS

4.1. Birinci Senaryo (Hat No – Hafta İçi KKO)

Hat numaraları ve Hafta İçi KKO oranları kullanılarak yapılan hiyerarşik olmayan kümeleme analizinde aşağıda verilen bulgular saptanmıştır.

- İlk küme merkezleri

Çizelge 4.1. Hat No-Hafta İçi KKO analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
H_İ_KKO	0.06	1.37	0.70

Analiz sonucunda oluşan ilk küme merkezleri Çizelge 4.1’de görülmektedir. Tabloda belirtilen kümeleme merkezindeki değerler, her kümenin o değişken itibariyle merkezini gösterir.

- Sonuç küme merkezleri

Çizelge 4.2. Hat No-Hafta İçi KKO analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
H_İ_KKO	0.22	1.28	0.70

Bu tablo, Hafta İçi KKO değişkeninin üç kümedeki ortalamalarını verir. Burada hafta içi KKO’nın en yüksek olduğu hatlar 2 numaralı kümede, en düşük olduğu hatlar 1 numaralı kümede toplanmıştır. İlerleyen bölümlerde kolaylık sağlamak amacıyla bu analizde 1 numaralı küme düşük, 2 numaralı küme yüksek ve 3 numaralı küme orta olarak isimlendirilecektir.

- Sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Çizelge 4.3. Hat No-Hafta İçi KKO analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Küme	1	2	3
1		1.059	0.497
2	1.059		0.580
3	0.497	0.580	

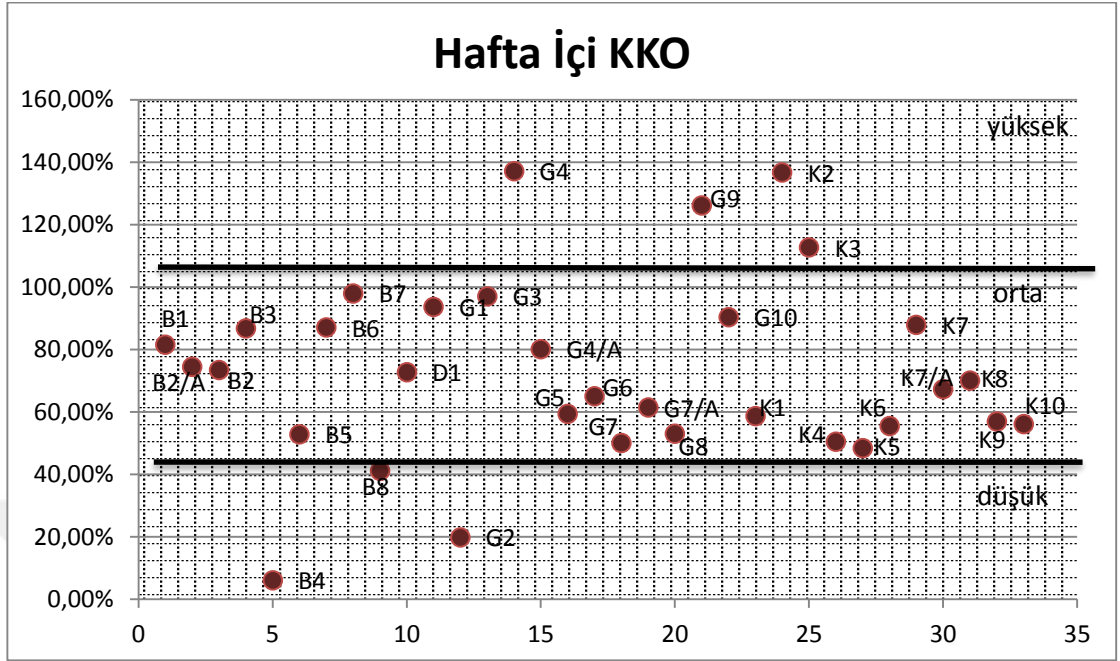
Bu tabloda en çok 1. kümeyle 3. kümenin yakın olduğu ve en çok da 1. kümeyle 2. kümenin birbirinde uzak olduğunu söyleyebiliriz. İki küme arasındaki mesafe değeri ne kadar küçük olursa bu iki küme birbirlerine diğerlerine oranla yakın ve benzerdir. Uzaklık değeri arttıkça benzerlik oranı da azalmaktadır. Demek ki, 3. küme 1. ve 2. kümenin ortasında yer almaktadır. Bu da sonuç küme merkezlerinde kümelerin 1. küme(düşük)-3.küme(orta)- 2.küme(yüksek) sıralamasının doğruluğunu ve anlamlılığını teyit etmektedir.

- Her bir kümedeki birim sayısı

Çizelge 4.4. Hat No-Hafta İçi KKO analizi küme eleman sayıları

Kümeler	Küme eleman sayısı	Kümelerdeki hatlar
1 (düşük)	3	B4, B8, G2
2 (yüksek)	4	G4, G9, K2, K3
3 (orta)	26	B1, B2/A, B2, B3, B5, B6, B7, D1, G1, G3, G4/A, G5, G6, G7, G7/A, G8, G10, K1, K4, K5, K6, K7, K7/A, K8, K9, K10
Toplam	33	

Yapılan kümeleme analizinde, her bir kümede bulunan güzergah sayıları ve güzergahların sahip oldukları kümeler Çizelge 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.7. Hat no- Hafta İçi KKO nokta dağılım grafiği

Hat no - Hafta İçi KKO analizinde, kapasite kullanım oranının en yüksek seviyede olduğu küme olan 2. kümede G4, G9, K2 ve K3 hatlarının yer aldığı, kapasite kullanım oranının en küçük seviyede olduğu küme olan 1. kümede B4, B8 ve B2 hatları olduğu saptanmıştır. Diğer hatların da 1. ve 2. kümede bulunan hatlara oranla daha normal kapasite kullanım oranına sahip oldukları 3. kümede yer aldıkları Şekil 4.7'de görülmektedir.

Hafta İçi KKO nun en yüksek olduğu küme olan 2. Kümede (yüksek) en büyük KKO %137, en küçük KKO ise %113 olduğu, hafta içi KKO nun en düşük olduğu küme olan 1. Kümede (düşük) en büyük KKO %41, en küçük KKO ise %6 olduğu görülmektedir. Ayrıca en yüksek ve en düşük KKO nun arasında yer alan 3. kümede(orta) en yüksek KKO %97, en düşük KKO ise %52'dir (**EK 7**).

4.2. İkinci Senaryo (Hat No – Hafta Sonu KKO)

Hat no – Hafta Sonu KKO değerleri kullanılarak yapılan analiz sonucunda saptanan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- İlk küme merkezleri

Çizelge 4.5. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
H_S_KKO	0.04	0.52	1.03

Analiz sonucunda oluşan ilk küme merkezleri Çizelge 4.5'te görülmektedir. Tabloda belirtilen kümeleme merkezindeki değerler, her kümenin o değişken itibariyle merkezini göstermektedir.

- Sonuç küme merkezleri

Çizelge 4.6. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
H_S_KKO	0.31	0.54	0.89

Bu tablo, Hafta Sonu KKO değişkeninin üç kümedeki ortalamalarını verir. Burada hafta sonu KKO'nın en yüksek olduğu hatlar 3 numaralı kümede, en düşük olduğu hatlar 1 numaralı kümede toplanmıştır. İlerleyen bölümlerde kolaylık sağlamak amacıyla bu analizde 1 numaralı küme düşük, 2 numaralı küme orta ve 3 numaralı küme yüksek olarak isimlendirilecektir.

- Sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Çizelge 4.7. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Küme	1	2	3
1		0.229	0.582
2	0.229		0.353
3	0.582	0.353	

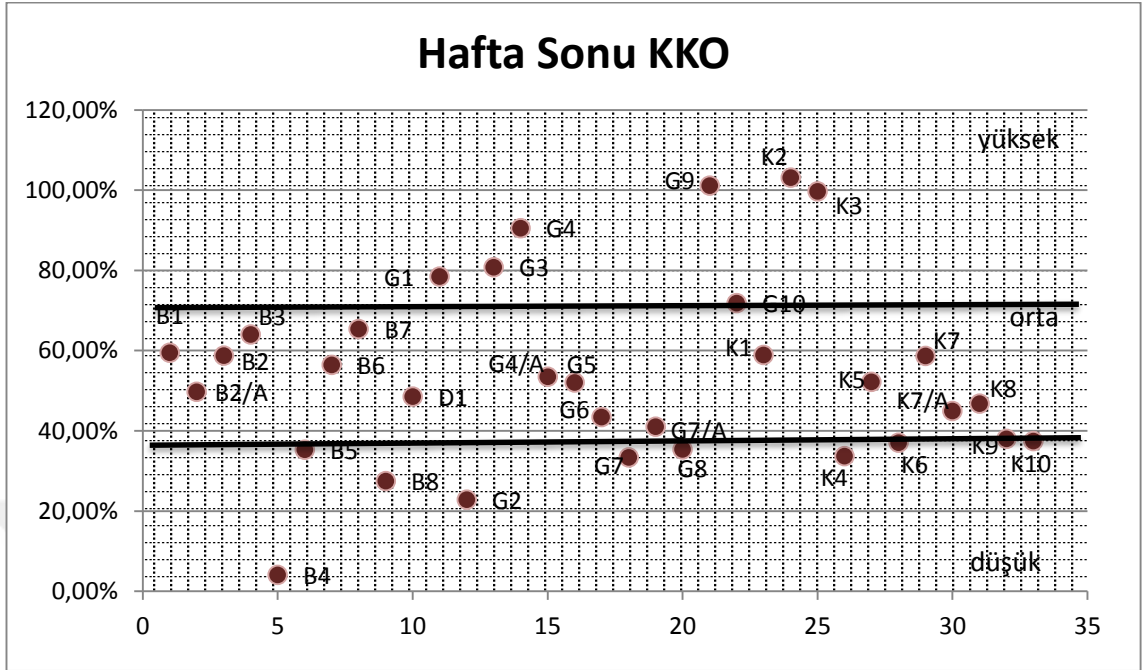
Bu tabloda en çok 1. kümeyle 2. kümenin yakın olduğu ve en çok da 1. kümeyle 3. kümenin birbirinde uzak olduğunu söyleyebiliriz. Demek ki, 2. küme 1. ve 3. kümenin ortasında yer almaktadır. Bu da sonuç küme merkezlerinde kümelerin 1. küme(düşük)- 2.küme(orta)- 3.küme(yüksek) sıralamasının doğruluğunu ve anlamlılığını teyit etmektedir.

- Her bir kümedeki birim sayısı

Çizelge 4.8. Hat No-Hafta Sonu KKO analizi küme eleman sayıları

Küme	Küme eleman sayısı	Kümelerdeki hatlar
1(düşük)	11	B4, B5, B8, G2, G7, G7/A, G8, K4, K6, K9, K10
2(orta)	15	B1, B2/A, B2, B3, B6, B7, D1, G4/A, G5, G6, K1, K5, K7, K7/A, K8,
3(yüksek)	7	G1, G3, G4, G9, G10, K2, K3
Toplam	33	

Yapılan kümeleme analizinde, her bir kümede bulunan güzergâh sayıları ve güzergâhların sahip oldukları kümeler Çizelge 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8. Hat no – Hafta Sonu KKO nokta dağılım grafiği

Hat no - Hafta Sonu KKO analizinde, kapasite kullanım oranının maksimum seviyede olduğu küme olan 3. kümede G1, G3, G4, G9, G10, K2 ve K3 hatlarının yer aldığı, kapasite kullanım oranının minimum seviyede olduğu küme olan 1. kümede B4, B5, B8, G2, G7, G7/A, G8, K4, K6, K9, ve K10 hatlarının olduğu saptanmıştır. Diğer hatların da 1. ve 3. kümede bulunan hatlara oranla daha normal kapasite kullanım oranına sahip oldukları 2. kümede yer aldıkları Şekil 4.8’de görülmektedir.

Hafta sonu KKO nın en yüksek olduğu küme olan 3. kümede(yüksek) en büyük KKO %103, en küçük KKO ise %78 olduğu, hafta sonu KKO nın en düşük olduğu küme olan 1. kümede(düşük) en büyük KKO %41, en küçük KKO ise %4 olduğu görülmektedir. Ayrıca en yüksek ve en düşük KKO nın arasında yer alan 2. kümede(orta) en yüksek KKO %72, en düşük KKO ise %43’tür (**EK 8**).

4.3. Üçüncü Senaryo (Hat No – Hafta İçi KKO & Hafta Sonu KKO)

Hat no – Hafta Sonu KKO & Hafta Sonu KKO değerleri kullanılarak yapılan analiz sonucunda saptanan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- İlk küme merkezleri

Çizelge 4.9. Hat No-Hafta İçi KKO& Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
H_İ_KKO	1,37	0,06	0,70
H_S_KKO	1,03	0,04	0,47

Analiz sonucunda oluşan ilk küme merkezleri Çizelge 4.9’da görülmektedir. Tabloda belirtilen kümeleme merkezindeki değerler, her kümenin o değişken itibariyle merkezini göstermektedir.

- Sonuç küme merkezleri

Çizelge 4.10. Hat No-Hafta İçi KKO& Hafta Sonu KKO analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
H_İ_KKO	1,12	0,22	0,66
H_S_KKO	0,86	0,18	0,47

Bu tablo, Hafta İçi KKO ile Hafta Sonu KKO değişkeninin üç kümedeki ortalamalarını verir. Burada hafta içi KKO ve hafta sonu KKO’nun en yüksek olduğu hatlar 1 numaralı kümede, en düşük olduğu hatlar 2 numaralı kümede toplanmıştır. İlerleyen bölümlerde kolaylık sağlamak amacıyla bu analizde 1 numaralı küme yüksek, 2 numaralı küme düşük ve 3 numaralı küme orta olarak isimlendirilecektir.

- Sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Çizelge 4.11. Hat No-Hafta İçi KKO & Hafta Sonu KKO analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Küme	1	2	3
1		1.124	0.602
2	1.124		0.523
3	0.602	0.523	

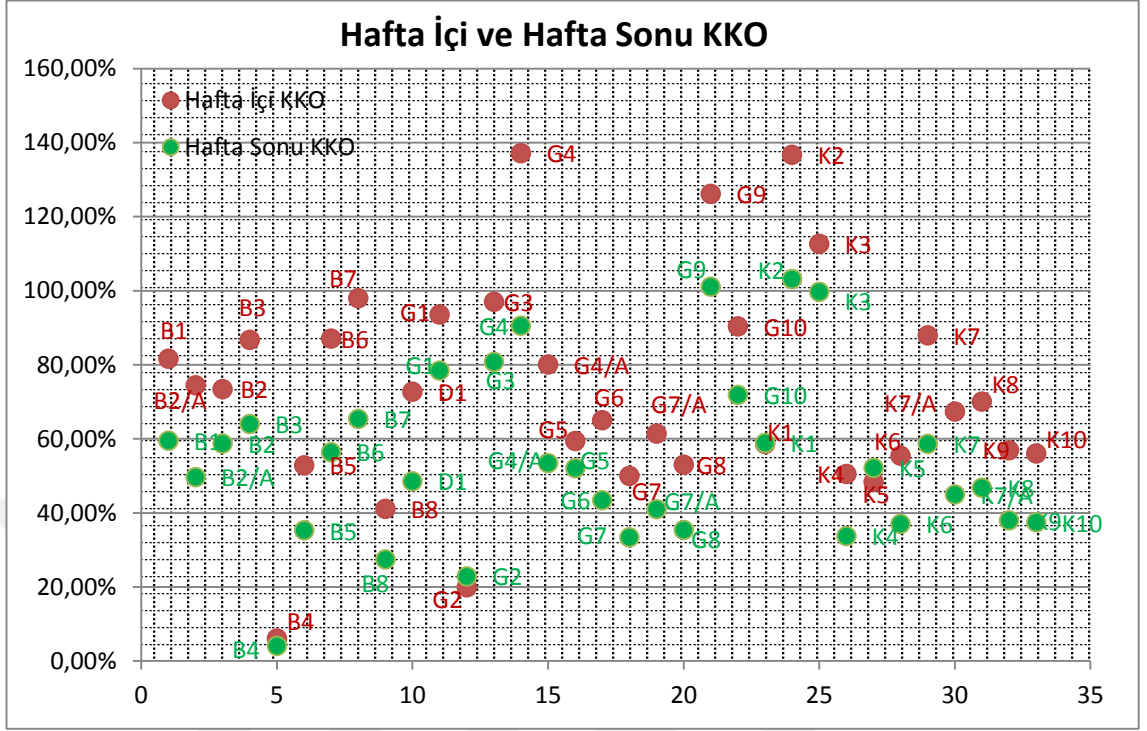
Bu tabloda en çok 2. kümeyle 3. kümenin yakın olduğu ve en çok da 1. kümeyle 2. kümenin birbirinde uzak olduğunu söyleyebiliriz. Demek ki, 3. küme 1. ve 2. kümenin ortasında yer almaktadır. Bu da sonuç küme merkezlerinde kümelerin 1. Küme (yüksek)-2.küme (düşük)- 3.küme (orta) sıralamasının doğruluğunu ve anlamlılığını teyit etmektedir.

- Her bir kümedeki birim sayısı

Çizelge 4.12. Hat No-Hafta İçi KKO & Hafta Sonu KKO analizi sonuç küme eleman sayıları

Kümelere	Küme eleman sayısı	Kümeleredeki hatlar
1(yüksek)	8	B7, G1, G3, G4, G9, G10, K2, K3
2(düşük)	3	B4, B8, G2
3(orta)	22	B1, B2/A, B2, B3, B5, B6, D1, G4/A, G5, G6, G7, G7/A, G8, K1, K4, K5, K6, K7, K7/A, K8, K9, K10
Toplam	33	

Yapılan kümeleme analizinde, her bir kümede bulunan güzergâh sayıları ve güzergâhların sahip oldukları kümeler Çizelge 4.12'de görülmektedir.



Şekil 4.9. Hat no - Hafta İçi ve Hafta Sonu KKO nokta dağılım grafiği.

Hat no – Hafta İçi KKO & Hafta Sonu KKO analizinde, kapasite kullanım oranının en büyük seviyede olduğu küme olan 1. kümede B7, G1, G3, G4, G9, G10, K2 ve K3 hatlarının yer aldığı, kapasite kullanım oranının en küçük seviyede olduğu küme olan 2. kümede B4, B8 ve G2 hatlarının olduğu saptanmıştır. Diğer hatların da 1. ve 2. kümede bulunan hatlara oranla daha normal kapasite kullanım oranına sahip oldukları 3. kümede yer aldıkları Şekil 4.9’da görülmektedir.

4.4. Dördüncü Senaryo (Hat No – Sabah Pik Ortalama Yolcu Sayısı)

Hat no – Sabah Pik Ortalama Yolcu Sayısı değerleri kullanılarak yapılan analiz sonucunda saptanan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- İlk küme merkezleri

Çizelge 4.13. Hat No-Sabah pik ortalama yolcu sayısı analizi ilk küme merkezleri

	Kümeleler		
	1	2	3
Sabah_Pik_Ort_Yol_Say	0	308	613

Analiz sonucunda oluşan ilk küme merkezleri Çizelge 4.13’de görülmektedir. Tabloda belirtilen kümeleme merkezindeki değerler, her kümenin o değişken itibarıyla merkezini göstermektedir.

- Sonuç küme merkezleri

Çizelge 4.14. Hat No-Sabah pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri

	Kümeleler		
	1	2	3
Sabah_Pik_Ort_Yol_Say	80	272	491

Bu tablo, Sabah Pik Ortalama Yolcu Sayısı değişkeninin üç kümedeki ortalamalarını verir. Burada hafta içi ortalama yolcu sayısının en yüksek olduğu hatlar 3 numaralı kümede, en düşük olduğu hatlar 1 numaralı kümede toplanmıştır. İlerleyen bölümlerde kolaylık sağlamak amacıyla bu analizde 1 numaralı küme düşük, 2 numaralı küme orta ve 3 numaralı küme yüksek olarak isimlendirilecektir.

- Sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Çizelge 4.15. Hat No- Sabah pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Küme	1	2	3
1		191.331	410.456
2	191.331		219.125
3	410.456	219.125	

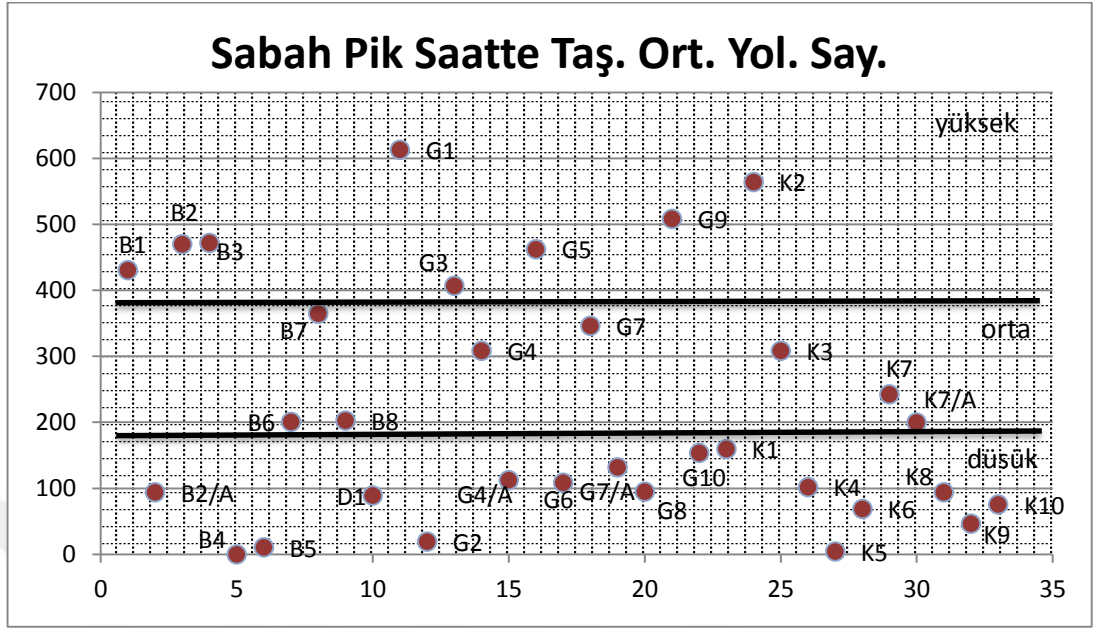
Bu tabloda en çok 1. kümeyle 2. kümenin yakın olduğu ve en çok da 1. kümeyle 3. kümenin birbirinde uzak olduğunu söyleyebiliriz. Demek ki, 2. küme 1. ve 3. kümenin ortasında yer almaktadır. Bu da sonuç küme merkezlerinde kümelerin 1. küme(düşük)- 2.küme(orta)- 3.küme(yüksek) sıralamasının doğruluğunu ve anlamlılığını teyit etmektedir.

- Her bir kümedeki birim sayısı

Çizelge 4.16. Hat No- Sabah Pik Ortalama Yolcu Sayısı analizi sonuç küme eleman sayıları

Kümeler	Küme eleman sayısı	Kümelerdeki hatlar
1(düşük)	17	B2/A, B4, B5, D1, G2, G4/A, G6, G7/A, G8, G10, K1, K4, K5, K6, K8, K9, K10
2(orta)	8	B6, B7, B8, G4, G7, K3, K7, K7/A
3(yüksek)	8	B1, B2, B3, G1, G3, G5, G9, K2
Toplam	33	

Yapılan kümeleme analizinde, her bir kümede bulunan güzergâh sayıları ve güzergâhların sahip oldukları kümeler Çizelge 4.16'da görülmektedir.



Şekil 4.10. Hat no – Sabah pik ortalama yolcu sayısı nokta dağılım grafiği

Hat no – Sabah Pik Ortalama Yolcu Sayısı analizinde, ortalama yolcu sayısının maksimum seviyede olduğu küme olan 3. kümede B1, B2, B3, G1, G3, G5, G9 ve K2 hattının yer aldığı, kapasite kullanım oranının minimum seviyede olduğu küme olan 1. kümede B2/A, B4, B5, D1, G2, G4/A, G6, G7/A, G8, G10, K1, K4, K5, K6, K8, K9 ve K10 hatlarının olduğu saptanmıştır. Diğer hatların da 1. ve 3. kümede bulunan hatlara oranla daha normal kapasite kullanım oranına sahip oldukları 2. kümede yer aldıkları görülmüştür.

Sabah pik ortalama yolcu sayısının en büyük olduğu küme olan 3. kümede(yüksek) taşınan en büyük yolcu sayısı değeri 613 kişi, en küçük yolcu sayısı değeri ise 407 kişi olduğu, sabah pik ortalama yolcu sayısının en az olduğu küme olan 1. kümede(düşük) taşınan en büyük yolcu sayısı değeri 159, en küçük yolcu sayısı değeri ise 0 olduğu görülmektedir. Ayrıca en yüksek ve en düşük kümelerin arasında yer alan 2. kümede(orta) taşınan en büyük yolcu sayısı değeri 365 kişi, en düşük ise 200 kişidir (EK 12).

4.5. Beşinci Senaryo (Hat No – Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı)

Hat no – Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı değerleri kullanılarak yapılan analiz sonucunda saptanan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- İlk küme merkezleri

Çizelge 4.17. Hat No-Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
Akşam_Pik_Ort_Yol_Say	1093	0	500

Analiz sonucunda oluşan ilk küme merkezleri Çizelge 4.17’te görülmektedir. Tabloda belirtilen kümeleme merkezindeki değerler, her kümenin o değişken itibarıyla merkezini göstermektedir.

- Sonuç küme merkezleri

Çizelge 4.18. Hat No-Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
Akşam_Pik_Ort_Yol_Say	1031	110	467

Bu tablo, Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı değişkeninin üç kümedeki ortalamalarını verir. Burada hafta içi ortalama yolcu sayısının en büyük olduğu hatlar 1 numaralı kümede, en küçük olduğu hatlar 2 numaralı kümede toplanmıştır. İlerleyen bölümlerde kolaylık sağlamak amacıyla bu analizde 1 numaralı küme yüksek, 2 numaralı küme düşük ve 3 numaralı küme orta olarak isimlendirilecektir.

- Sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Çizelge 4.19. Hat No- Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Küme	1	2	3
1		921.056	564.500
2	921.056		356.556
3	564.500	356.556	

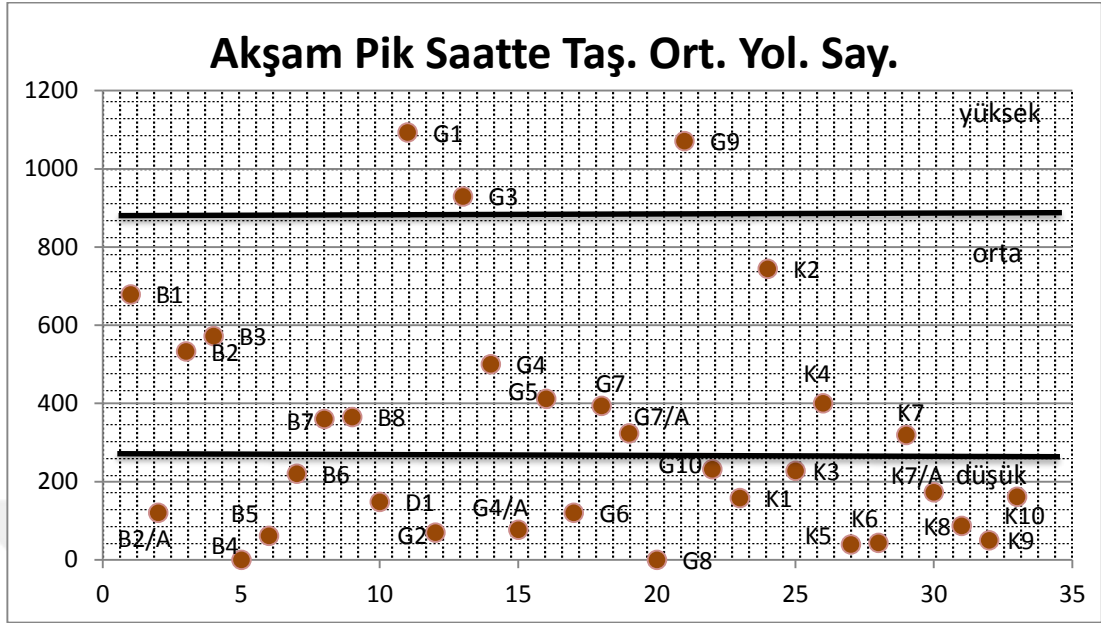
Bu tabloda en çok 2. kümeyle 3. kümenin yakın olduğu ve en çok da 1. kümeyle 2. kümenin birbirinde uzak olduğunu söyleyebiliriz. Demek ki, 3. küme 1. ve 2. kümenin ortasında yer almaktadır. Bu da sonuç küme merkezlerinde kümelerin 1. küme(yüksek)- 2.küme(düşük)- 3.küme(orta) sıralamasının doğruluğunu ve anlamlılığını teyit etmektedir.

- Her bir kümedeki birim sayısı

Çizelge 4.20. Hat No- Akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme eleman sayıları

Kümeler	Küme eleman sayısı	Kümelerdeki hatlar
1(yüksek)	3	G1, G3, G9
2(düşük)	18	B2/A, B4, B5, B6, D1, G2, G4/A, G6, G8, G10, K1, K3, K5, K6, K7/A, K8, K9, K10
3(orta)	12	B1, B2, B3, B7, B8, G4, G5, G7, G7/A, K2, K4, K7
Toplam	33	

Yapılan kümeleme analizinde, her bir kümede bulunan güzergâh sayıları ve güzergâhların sahip oldukları kümeler Çizelge 4.20’de görülmektedir.



Şekil 4.11. Hat no – Akşam pik ort. yol. say. nokta dağılım grafiği

Hat no – Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı analizinde, akşam pik ortalama yolcu sayısının maksimum seviyede olduğu küme olan 1. kümede G1, G3 ve G9 hatlarının yer aldığı, akşam pik ortalama yolcu sayısının minimum seviyede olduğu küme olan 2. kümede B2/A, B4, B5, B6, D1, G2, G4/A, G6, G8, G10, K1, K3, K5, K6, K7/A, K8, K9 ve K10 hatlarının olduğu saptanmıştır. Diğer hatların da 1. ve 3. kümede bulunan hatlara oranla daha normal akşam pik ortalama yolcu sayısına sahip oldukları 2. kümede yer aldıkları Şekil 4.11’de görülmektedir.

Akşam pik ortalama yolcu sayısının en büyük olduğu küme olan 3. kümede(yüksek) taşınan en büyük yolcu sayısı değeri 1093 kişi, en küçük yolcu sayısı değeri ise 930 kişi olduğu, akşam pik ortalama yolcu sayısının en düşük olduğu küme olan 1. kümede(düşük) taşınan en büyük yolcu sayısı değeri 159, en küçük yolcu sayısı değeri ise 0 olduğu görülmektedir. Ayrıca en yüksek ve en düşük kümelerin arasında yer alan 2. Kümede (orta) taşınan en büyük yolcu sayısı değeri 745 kişi, en düşük ise 319 kişidir (**EK 12**).

4.6. Altıncı Senaryo (Hat No – Sabah ve Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı)

Hat no – Sabah ve Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı değerleri kullanılarak yapılan analiz sonucunda saptanan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- İlk küme merkezleri

Çizelge 4.21. Hat No-sabah ve akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi ilk küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
Sabah_Pik_Ort_Yol_Say	1093	411	0
Akşam_Pik_Ort_Yol_Say	613	462	0

Analiz sonucunda oluşan ilk küme merkezleri Çizelge 4.21’de görülmektedir. Tabloda belirtilen kümeleme merkezindeki değerler, her kümenin o değişken itibariyle merkezini göstermektedir.

- Sonuç küme merkezleri

Çizelge 4.22. Hat No-akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri

	Kümeler		
	1	2	3
Sabah_Pik_Ort_Yol_Say	960	433	116
Akşam_Pik_Ort_Yol_Say	523	337	92

Bu tablo, Sabah ve Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı değişkeninin üç kümedeki ortalamalarını verir. Burada hafta içi ortalama yolcu sayısının maksimum olduğu hatlar 1 numaralı kümede, minimum olduğu hatlar 3 numaralı kümede toplanmıştır. İlerleyen bölümlerde kolaylık sağlamak amacıyla bu analizde 1 numaralı küme yüksek, 2 numaralı küme orta ve 3 numaralı küme düşük olarak isimlendirilecektir.

- Sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Çizelge 4.23. Hat No- sabah ve akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme merkezleri arasındaki mesafe

Küme	1	2	3
1		558.852	947.552
2	558.852		400.474
3	947.552	400.474	

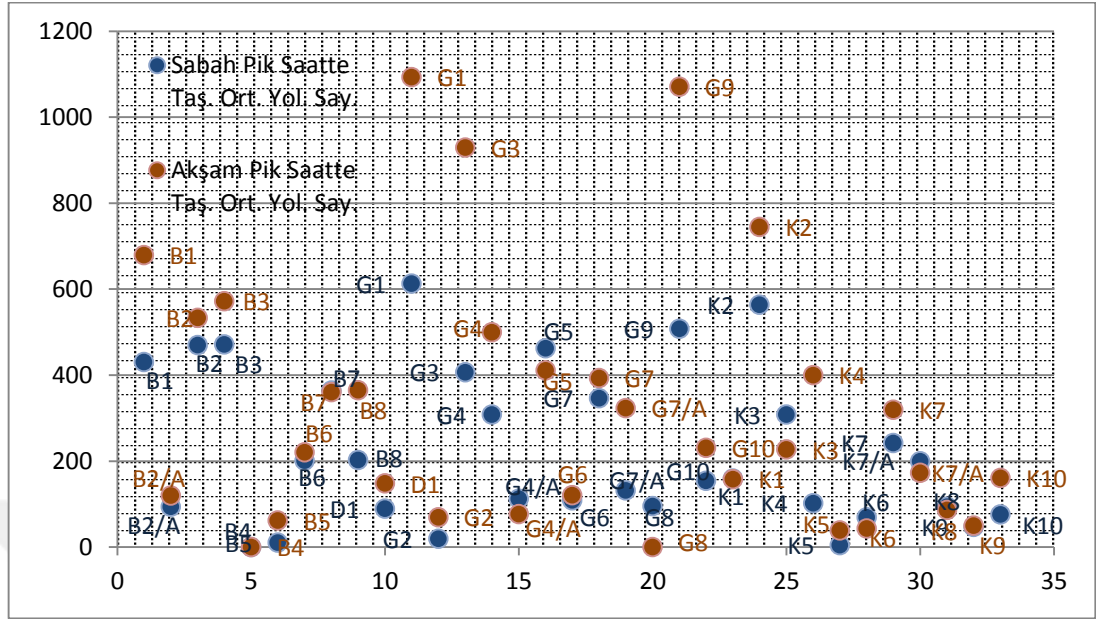
Bu tabloda en çok 2. kümeyle 3. kümenin yakın olduğu ve en çok da 1. kümeyle 3. kümenin birbirinde uzak olduğunu söyleyebiliriz. Demek ki, 2. küme 1. ve 3. kümenin ortasında yer almaktadır. Bu da sonuç küme merkezlerinde kümelerin 1. küme(yüksek)- 2.küme(orta)- 3.küme(düşük) sıralamasının doğruluğunu ve anlamlılığını teyit etmektedir.

- Her bir kümedeki birim sayısı

Çizelge 4.24. Hat No- sabah ve akşam pik ortalama yolcu sayısı analizi sonuç küme eleman sayıları

Küme	Küme eleman sayısı	Küme elemanları
1(yüksek)	4	G1, G3, G9, K2
2(orta)	11	B1, B2, B3, B7, B8, G4, G5, G7, K3, K4, K7
3(düşük)	18	B2/A, B4, B5, B6, D1, G2, G4/A, G6, G7/A, G8, G10, K1, K5, K6, K7/A, K8, K9, K10
Toplam	33	

Yapılan kümeleme analizinde, her bir kümede bulunan güzergâh sayıları ve güzergâhların sahip oldukları kümeler Çizelge 4.24'te görülmektedir.



Şekil 4.12. Hat no – Sabah ve Akşam Pik Ort. Yol. Say. nokta dağılım grafiği

Hat no – Sabah ve Akşam Pik Ortalama Yolcu Sayısı analizinde, ortalama yolcu sayısının en büyük seviyede olduğu küme olan 1. kümede G1, G3, G9 ve K2 hatlarının yer aldığı, ortalama yolcu sayısının en küçük seviyede olduğu küme olan 3. kümede B2/A, B4, B5, B6, D1, G2, G4/A, G6, G7/A, G8, G10, K1, K5, K6, K7/A, K8, K9 ve K10 hatlarının olduğu saptanmıştır. Diğer hatların da 1. ve 3. kümede bulunan hatlara oranla daha normal kapasite kullanım oranına sahip oldukları 2. kümede yer aldıkları Şekil 4.12’de görülmektedir.

Önder (2011), Denizli ilinde kent içi toplu taşıma sistemi içerisindeki 34 farklı otobüs hattı üzerinde yaptığı çalışmada, hatların sabah, öğle ve akşam pik saatlerde gidiş ve dönüş güzergahlarında ayrı ayrı hesapladığı kapasite kullanım oranlarının, bazı hatlarda %100’ün çok üzerine varan oranlarda (%179, %136 gibi), yolcu taşındığını saptamıştır.

Benzer konuda çalışma yürüten Büyükbaş (2016), Kayseri’de ulaşım ana planı doğrultusunda doğru güzergâh seçimi ve mevcut otobüs hatlarının planlanması ve rehabilitasyonu sayesinde toplu taşımaya olan talebin arttığını, özellikle yüksek

yolculuk taleplerinin olduğu bölgelere ve pik saatlere ek sefer tarifeleri eklenerek yolcu memnuniyeti ve yolcu kapasitesinin arttığı sonucuna varmıştır.

Yine benzer şekilde çalışan Çerkez (2016), Edirne Toplu Ulaşım Sistemi ile toplu taşıma aktörleri arasında entegrasyonun sağlandığını, şehir merkezinde hatlar yeniden düzenlenerek çakışan değil birbirini tamamlayan güzergahlar belirlenerek verimliliğin arttığını ifade etmiştir.

Denizli kent içi toplu taşımada otobüs sefer sayılarının belirlenmesi üzerine çalışma yürüten Demirkollu (2017), hatların sefer sıklıklarının saatlik, durak bazında biniş-iniş, gün içerisinde yoğunluk taleplerine göre, özellikle hafta sonu ve tatil günler ile günün geç saatlerine düşen yolcu taleplerine karşın sefer sayılarının saat ve günlere göre belirlenmesi gerektiğini, böylelikle gereksiz maliyetlerin önüne geçilebileceği sonucuna varmıştır.

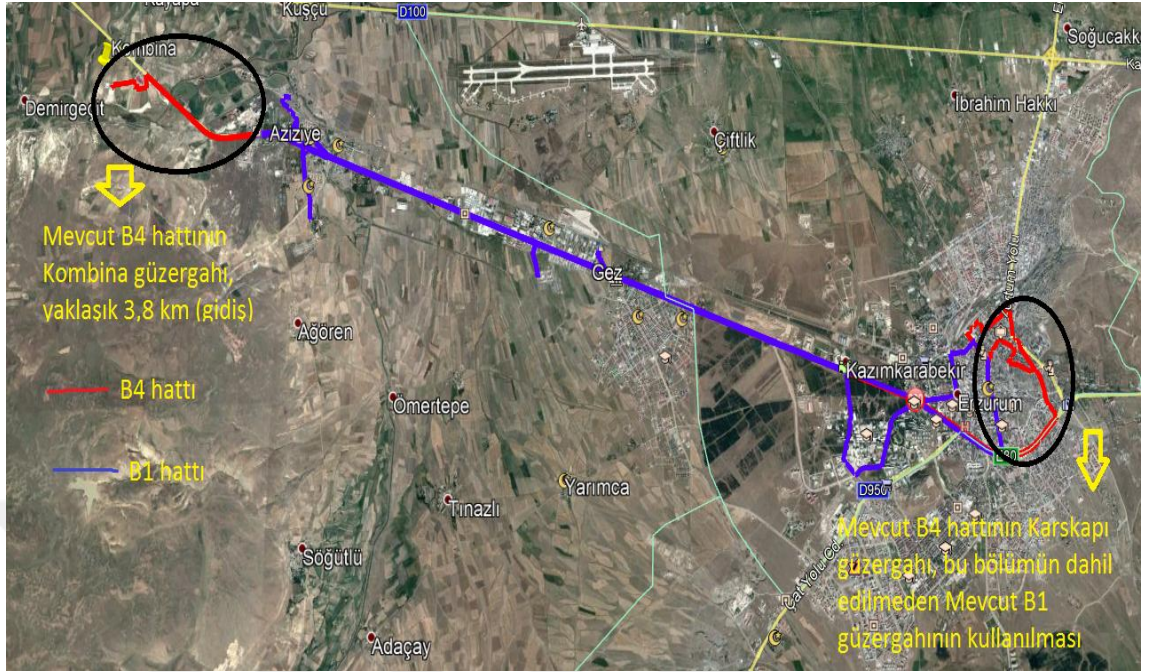
5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan altı analiz sonucunda her bir hattın hafta içi ve hafta sonu kapasite kullanım oranları ile sabah ve akşam pik saatlerde taşınan yolcu sayıları arasındaki ilişkiye göre düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç kümedeki dağılımları belirlenmiştir.

G9 hattının yapılan altı senaryoda da yüksek kümesinde, B4 ve G2 hatlarının da düşük kümesinde yer alması görülen ilk çarpıcı sonuçlardır. Bunun yanında kapasite kullanım oranı dağılımının belirlendiği ilk üç senaryoda G4, G9, K2 ve K3 yüksek kümesinde, B4, B8 ve G2 hatları düşük kümesinde yer almışlardır. Sabah ve akşam pik saatlerde taşınan yolcu sayıları dağılımının belirlendiği son üç analizde ise G1, G3 ve G9 hatlarının yüksek kümesinde, B2/A, B4, B5, D1, G2, G4/A, G6, G8, G10, K1, K8, K9 ve K10 hatlarının düşük kümesinde yer aldığı görülmüştür.

Kapasite kullanım oranı en düşük hat olan B4, İstasyon sevk ve idare merkezinden harekete başlayıp şehrin batı yakasına doğru hareket etmektedir. Önemli bir yerleşim yeri olan Dadaşkent'e uğramadan Ilıca üzerinden son durağı olan Kombina'ya varıp aynı güzergâhı takip ederek İstasyon sevk ve idare merkezine geri dönmektedir. İki aracın çalıştığı ve tur sayısının toplamda 16 olduğu hat, yaklaşık 50,1 km olup bu mesafe hatta taşınan yolcu sayısına oranla oldukça yüksektir. B4 ile büyük oranda aynı güzergâhı takip eden, 9 aracın toplamda 83 tur yaptığı ve uzunluğu yaklaşık olarak 46,4 km olan B1 hattı, %82 hafta içi KKO ile B4 hattının yolcu yükünü taşımaya oldukça elverişlidir. Burada yapılması gereken B1 hattının belli zaman aralıklarında B4'ün son durağı olan Kombina'ya uğramasının sağlanmasıdır.

Böylece B4 hattına gerek kalmayıp hatta çalışan iki adet araç boşa çıkacak ve ihtiyaç duyulan diğer hatlara ikmal edilebilecektir. Ayrıca günde yapılan her biri 50,1 km'lik 16 tur da yapılmayarak tasarruf edilebilecektir.



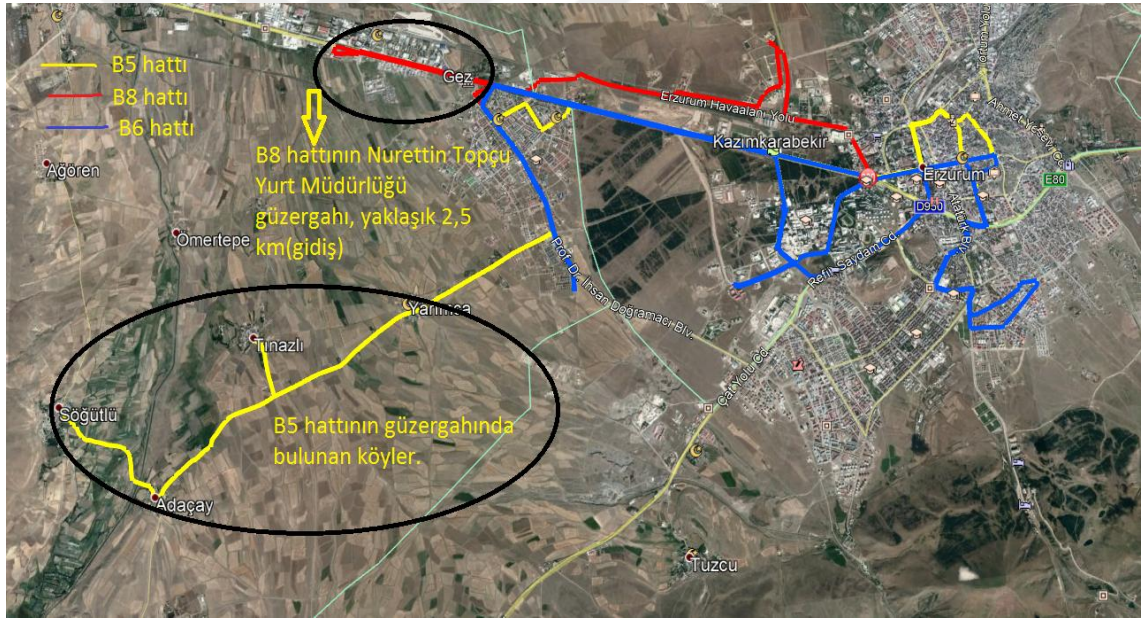
Şekil 5.1. B1 ve B4 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler

Hat No-Hafta İçi KKO ve Hat No-Hafta Sonu KKO analizlerinde düşük kümesinde yer alan B8 hattı, İstasyon sevk ve idare merkezi ile Nurettin Topçu Yurt Müdürlüğü arasında çalışmaktadır. Hattın güzergâhı, büyük oranda B6 hattına ait güzergâhın içerisinde yer almaktadır. Temel farklılıklar B6 hattı, üniversite kavşağından doğrudan Dadaşkent'e doğru yol alırken, B8 hattı Erzurum Teknik Üniversitesi ile Kız Yurtlarına uğramakta ve B6 hattı Nurettin Topçu Yurt Müdürlüğüne yaklaşık 2,5 km mesafe kala Dadaşkent'e giriş yapmaktadır. Kapasite kullanım oranı düşük olan B8 hattını, yeniden güzergâhı belirlenmiş B6 hattı içerisinde eriterek daha ideal bir güzergâh tayin etmek gerekmektedir. B6 hattının Erzurum Teknik Üniversitesi ve kız yurtlarına doğru güzergâhının düzenlenmesi ve Dadaşkent'e giriş yapmadan önce Nurettin Topçu Yurt Müdürlüğüne uğraması sağlanması ve B8'den ihtiyaç duyulduğu kadar araç temin edilmelidir.

Benzer şekilde B5 hattına ait güzergâhının büyük bölümü de B6'nın güzergâhı ile çakışmaktadır. B5 hattı %53 KKO ile hafta içi orta kümede yer alsa da düşük kümesine oldukça yakındır. Ayrıca güzergâh uzunluğu, kent merkezinden uzak olan ve büyükşehir yasasından sonra mahalle statüsü kazanan Söğütlü, Adaçay, Tınazlı ve

Yarımcı mahallelerine uğradığı için 47,5 km ile en uzun güzergâhlardan biridir. B5 hattında sadece 1 araç çalışmakta olup yukarıda belirtilen mahallelere kadar uğraması hattın verimliliği noktasında handikap oluşturmaktadır. Hattın bu mahallelere sadece talebin en yüksek olduğu zaman dilimlerinde uğraması ya da bu mahalleler için paratransit toplu ulaşım seçeneklerinin masaya yatırılması gerekmektedir.

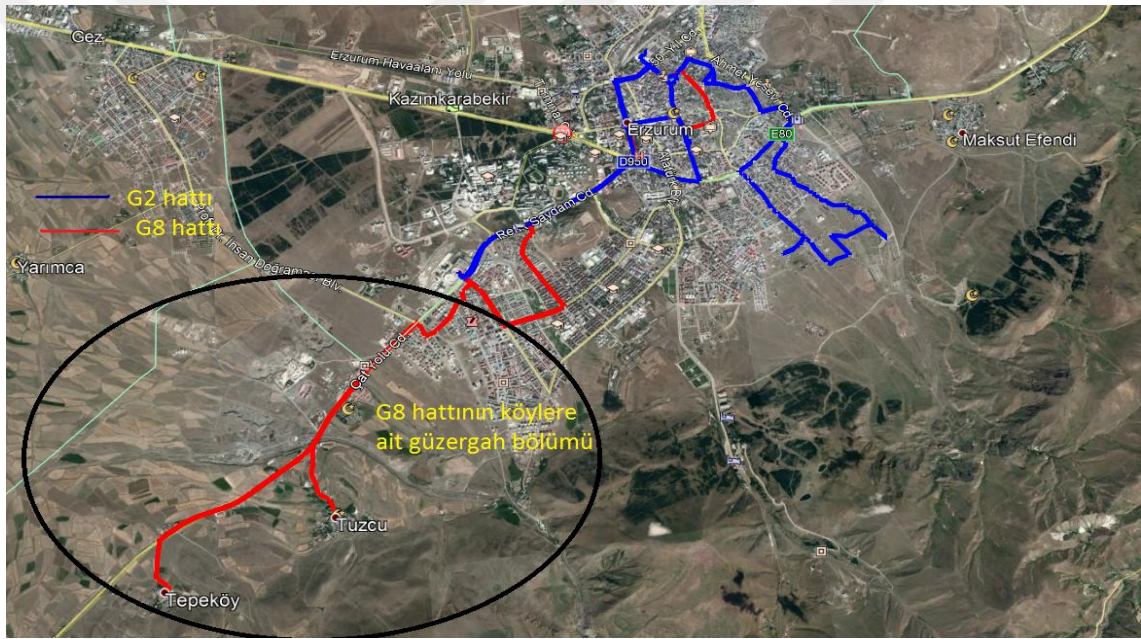
B5 ve B8 hatlarının dahil edildiği B6 hattının, oluşan kapasiteyi karşılaması için bu hatlardan ihtiyaç duyulduğu kadar araç tahsis edilmeli ve taşıt hareket aralıkları azaltılmalıdır. Böylelikle B8 ve B5 hattına gerek kalmayıp B6 daha kullanışlı hale gelecektir.



Şekil 5.2. B5, B6 ve B8 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler

Ancak Nurettin Topçu Yurt Müdürlüğü nedeniyle özellikle bu güzergâh gerekliyse kapasite kullanım oranının iyileştirilmesi için araç sayısı ve tur sayısı düşürülerek kapasite azaltılması yoluna gidilmelidir. Aracın geçiş saatleri, yurt idaresiyle görüşülerek yurdun giriş ve çıkış zaman dilimlerine uygun olarak belirlenmeli, hattın kullanılması azami şekilde ayarlanmalıdır.

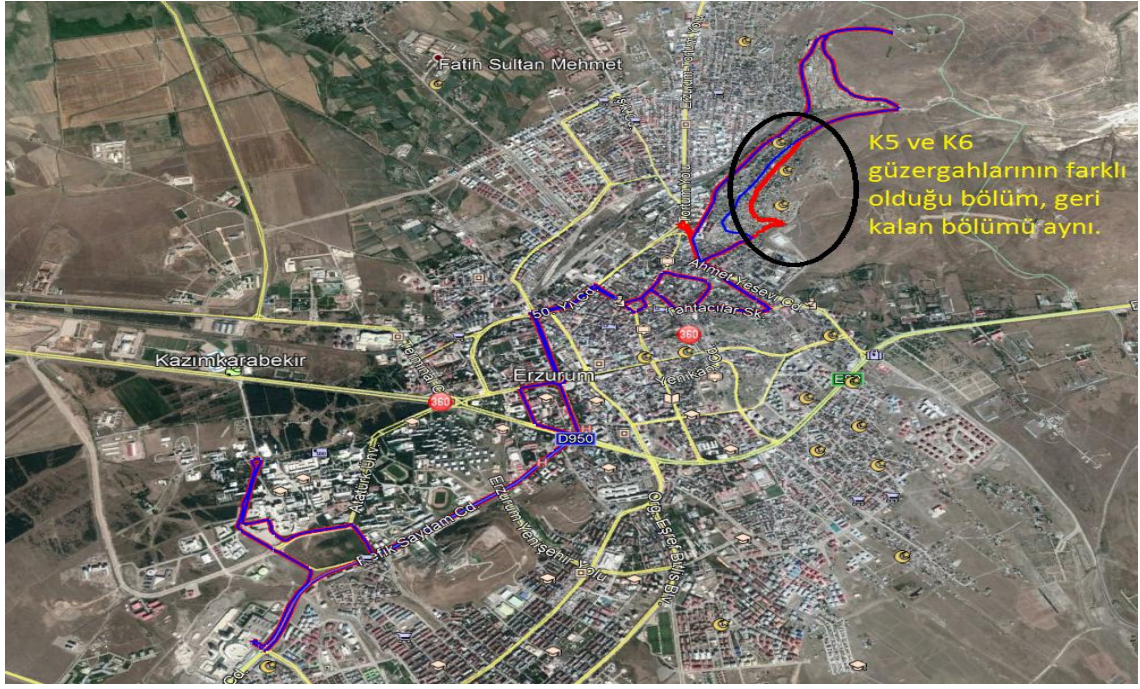
G8 hattı, Hat No- Hafta İçi KKO senaryosunda orta kümede yer alsa da %53 KKO ile düşük kümesine oldukça yakın değerdedir. Ayrıca Hat No-Hafta Sonu KKO senaryosu ile Hat No-Sabah ve Akşam Pik saat senaryolarında düşük kümesinde yer almaktadır. G8 hattı, İstasyon SİM'den harekete başlayarak Tepeköy ve Dutçu Mahallelerine uğrayarak aynı güzergâh üzerinden İstasyon SİM'e geri dönmektedir. Tepeköy ve Dutçu mahalleleri Büyükşehir yasasından önce köy statüsünde yer almaktaydılar ve şehrin yerleşim yerine görece uzakta yer almaktadır. Bu bölgeleri kendi içlerinde ara toplu ulaşım sistemleriyle çözülmesi gerekmektedir.



Şekil 5.3. G2 ve G8 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler

Benzer şekilde İstasyon SİM'den harekete başlayan ve Su Deposu mevkiine hareket eden G2 hattı da hafta içi %20, hafta sonu ise %23 KKO ile düşük kümesinde yer almaktadır. Sonuç olarak bu iki hattın güzergâhlarının, Çat yolu üzerindeki mahallelere giden bölümünün iptal edilip kalan kısımlarının mevcut G2 hattını kullanacak şekilde birleştirilerek tek bir hat teşkil edilmesinin daha verimli sonuçlar vereceği açıktır.

İstasyon SİM'den harekete başlayan ve kentin kuzeyinde bulunan yerleşim yerleri olan Şehitler ve Gaziler Mahallelerine doğru hareket eden K5 ve K6 hatlarının güzergâhları büyük oranda çakışmakta olup güzergâh uzunlukları neredeyse birbirine eşittir.

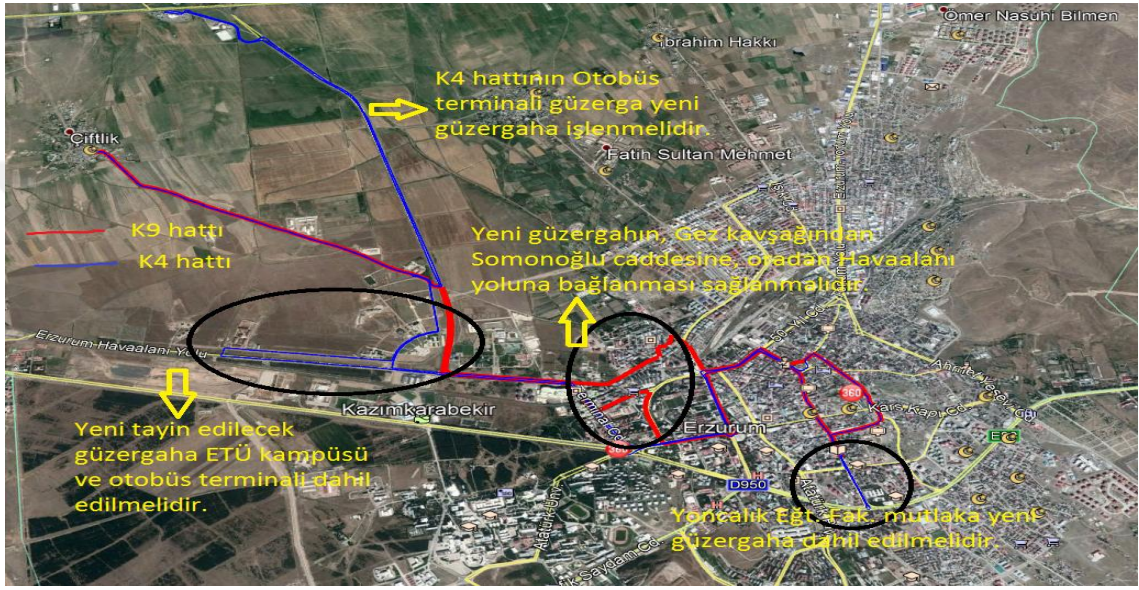


Şekil 5.4. K5 ve K6 hatlarına ait güzergâhlar

K5'in hafta içi ve hafta sonu kapasite kullanım oranları sırasıyla %48 ve %52 ile orta kümede yer almaktadır. K6 ise hafta içi %55 ile orta kümede, hafta sonu %37 ile düşük kümesinde yer almaktadır. Bu iki hattın birleştirilerek tek bir hat haline getirilmeleri ve yeni güzergâhlarının da buna göre düzenlenmesi, hattın KKO açısından daha kullanışlı ve verimli olmasını sağlayacaktır.

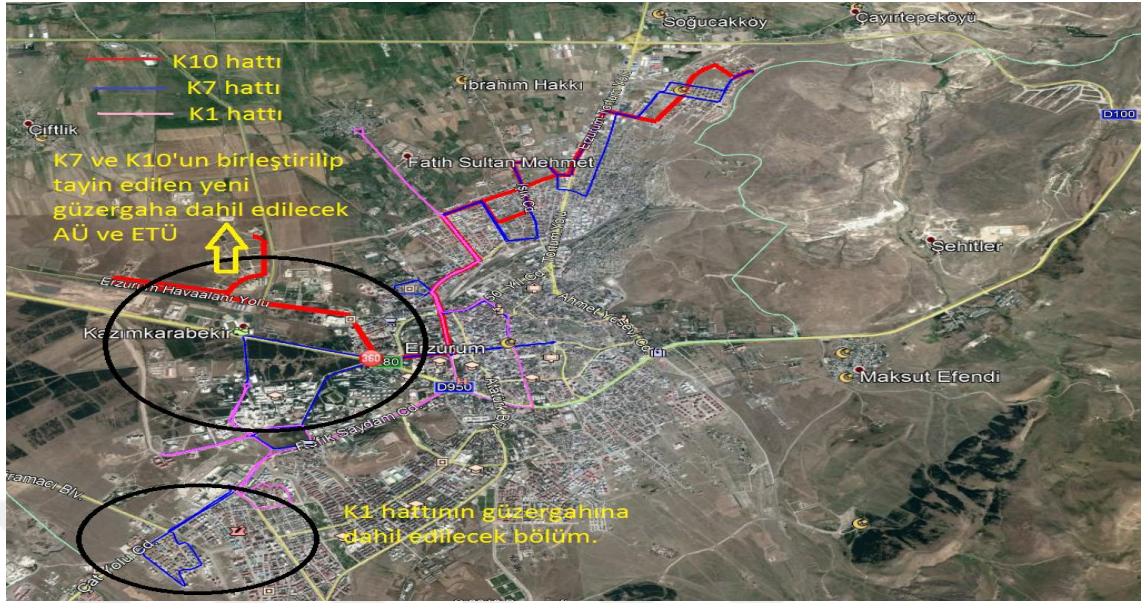
İstasyon SİM'den harekete başlayarak Yoncalık, Gez Mahallesi, Havuzbaşı ve Erzurum Teknik Üniversitesi bölgelerinden geçerek Şehirlerarası otobüs terminaline giden K4 hattının hafta içi KKO %51 ve hafta sonu KKO %34 olup hafta içi orta hafta sonu düşük kümesinde yer almaktadır. K4 ile büyük oranda aynı güzergâha sahip K9 hattı İstasyon SİM'den harekete başlayarak Çiftlik Mahallesi'ne gitmektedir. K9'un hafta içi KKO %57 ile orta, hafta sonu KKO ise %38 ile düşük kümesinde bulunmaktadır.

Ayrıca K9 hattında sadece bir araç, K4 hattında ise 4 araç çalışmaktadır. Her iki hattın da hafta içi KKO orta kümede yer alsa da düşük kümesine çok yakın orandadır. Bu iki hattın güzergâhlarında farklılık olan yerlerin de katılarak yeni güzergâh tayin edilmesi gerekmektedir. İlâveten Çiftlik Mahallesi sürekli değil, talebin en çok olduğu zaman aralıklarında uğraması sağlanmalıdır.



Şekil 5.5. K4 ve K9 hatlarına ait güzergâhlar ve öneriler

Kentin kuzey yerleşim bölgesinde yer alan Hilalkent SİM'den harekete başlayan K7 ve K10 hatlarının hafta içi KKO sırasıyla %88 ve %56 ile orta kümede yer almaktadır. Hafta sonu ise K7'nin KKO %59 ile orta, K10'un KKO ise %37 ile düşük kümesinde yer almaktadır. Bu iki hattın birleştirildiği yeni bir güzergâh tayin edilmelidir. Bu güzergâha Erzurum Teknik Üniversitesi ve Atatürk Üniversitesi dâhil edilip Bölge Eğitim Araştırma Hastanesi ile Çat Yolu TOKİ yerleşim yerleri dahil edilmemelidir. Böylelikle uzunluğu yaklaşık 46,7 km olan K7'nin güzergâhı kısaltılmış olacak, yine benzer güzergâha sahip ve hafta içi ve hafta sonu KKO %59 olan K1 hattının Çat yolu TOKİ yerleşim yerine doğru güzergâhının düzenlenmesi ile verimliliğinin artırılması sağlanacaktır.

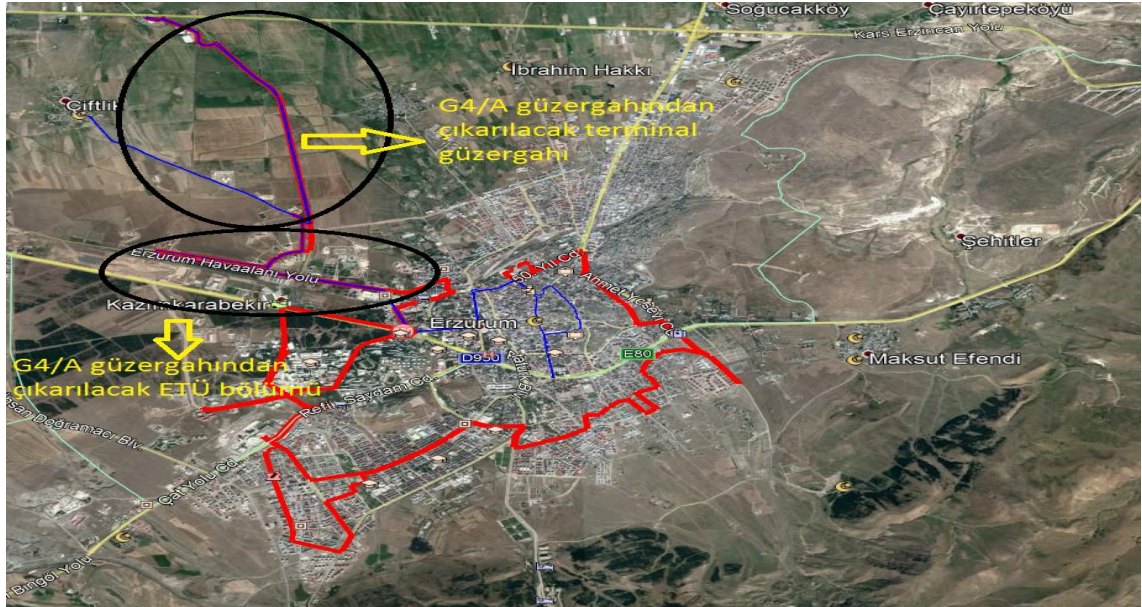


Şekil 5.6. K1, K7 ve K10'a ait güzergâhlar ve öneriler

G4 hattı, Kayakyolu SİM'den harekete başlayarak kent merkezine uğramamasına rağmen hafta içi KKO %137, hafta sonu KKO %91 ile oldukça büyük bir değer olup yüksek kümesinde yer almaktadır. Bunun sebebi olarak güzergâhının yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgeler olan Kayakyolu, Yenişehir ve Yıldızkent'ten geçmesi ve Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Atatürk Üniversitesi ve Erzurum Teknik Üniversitesi'ne uğraması olduğu çok açıktır. Bu hattaki araç sayısının artırılması ya da daha yüksek kapasiteli araçlar tahsis edilmek suretiyle KKO rahatlatılması gerekmektedir.

Kentin kuzey yerleşim yeri olan Hilalkent SİM'den harekete başlayan G9 hattı Sanayi, Kongre, Gürcükapı, Yoncalık, Yenişehir ve Yıldızkent gibi yerleşim, eğitim(Yoncalık Eğitim Fakültesi, Final Lisesi, Nevzat Karabağ AÖL, Fen Lisesi gibi), alışveriş merkezlerinin(Forum Erzurum, Tema AVM) yoğun olduğu güzergah, Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne uğrayarak aynı güzergahı izleyerek geri dönmektedir. G9 hattı hafta içi ve hafta sonu %126 ve %101 KKO oranı ile oldukça yüksek oranda kullanılmaktadır. Bu güzergâhın rahatlaması için özellikle sabah ve akşam pik saatlerde araç sayısı ve araç frekanslarının artırılması ya da yüksek kapasiteli araçların kullanılması gerekmektedir.

Erzurum kent içi toplu taşımada 67,2 km ile en uzun güzergâha sahip hat olan G4/A, İstasyon SİM'den harekete başlayarak Yoncalık, Yenişehir, Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Atatürk Üniversitesi, Gez Mahallesi, Erzurum Teknik Üniversitesi, şehirler arası otobüs terminaline uğrayıp aynı güzergâhtan Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesine dönmekte, buradan Yıldızken üzerinden Yenişehir, Abdurrahman Gazi Mahallesi TOKİ konutlarına, oradan da Hilalkent'e varmakta ve en son İstasyon SİM'e geri dönmektedir. G4/A, şehrin batı kısmı hariç, doğu, güney ve kuzey bölgelerinden geçmekte, bu sebeple hattın güzergâhı oldukça uzun olmaktadır. Hattın hafta içi ve hafta sonu KKO sırasıyla %80 ve %53 olup orta kümede yer almaktadır. KKO'nun bu seviyede olmalarının nedeni olarak güzergâhın çok uzun oluşu ve sürekli yolcu inip binmesiyle ilişkilendirmek mümkündür. Aksi taktirde güzergâhı bu kadar uzun olan bir hattın bu oranda KKO'na sahip olması normal şartlarda beklenmeyen bir durumdur. Hattın güzergâh boyunun kısaltılarak kullanılışılığını ve verimliliğini bir ölçüde arttırmak mümkün olabilir. Hattın şehirlerarası otobüs terminali bölümü ile Erzurum Teknik Üniversitesi bölümlerinin güzergâhtan çıkarılması gerekmekte, bu bölgedeki yolcu kapasitesi terminale giden K4 hattına bırakılmalıdır.



Şekil 5.6. G4/A ve K4 hatlarına ait güzergâh ve öneriler

Yıldızkent SİM'den harekete başlayan K2 hattı, Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Atatürk Üniversitesi, havuzbaşı kent merkezi, Gez Mahallesi, Gürcükapı, Kongre Şükrüpaşa Mahallesi ve Şih Köyüne ulaşmakta, aynı güzergâhı kullanarak Yıldızkent SİM'e geri dönmektedir. Güzergâh boyunca yoğun yerleşim yerlerinden ve kent merkezinden geçtiği için hafta içi ve hafta sonu KKO sırasıyla %137 ve %103 gibi değerlere sahip olması normaldir. Ayrıca Hat No-Sabah Pik Saat senaryosunda da K2 hattı yüksek kümesinde yer aldığı görülmekte olup hattın KKO açısından rahatlaması için özellikle sabah pik saatlerde yüksek kapasiteli araç kullanılması ya da araç frekanslarının ve sayısının artırılarak gerekmektedir.

Hilalkent SİM'den harekete başlayan K3 hattının hafta içi ve hafta sonu KKO sırasıyla %113 ve %100 olup yüksek kümesinde yer almaktadır. Hattın güzergâhı boyunca Hilakent, Gürcükapı, Havuzbaşı kent merkezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum Teknik Üniversitesi ve Yoncalık gibi talebin yüksek olduğu noktalar bulunmaktadır. Hattın KKO oranı açısından rahatlaması için hatta çalışan araç sayısının ya da araç kapasitelerinin artırılması gerekmektedir.

Erzurum'da kullanılan minibüs işletmeciliği, Elker(2001)'in de eleştirdiği ülkemizdeki uygulamalara benzer şekilde, talebin yoğun olduğu güzergâh ve bölgelerde otobüs işletmesiyle rekabet eden bir yapıda olduğu, aynı zamanda yollarda kapasiteyi olumsuz etkilediği şekilde uygulandığı gözlemlenmiştir. Oysa minibüs işletmelerinin, ana toplu ulaşım sisteminin verimsiz kalacağı şehrin banliyöleri(şehir merkezine uzak yerleşim yerleri) ile ana toplu ulaşım arasında bağlantı görevi göreceği şekilde banliyölerdeki talebin özel araç kullanılmadan ana toplu taşıma aktarma bölgelerine taşınması gerekmektedir. Böylece minibüsler ana toplu ulaşımın kullanım alanı dışına çıkarılacak, aynı zamanda banliyölerdeki -Erzurum özelinde ana toplu taşımanın hizmet verdiği merkeze yakın köylerde- talep için ana toplu ulaşım gereksiz kalmasıyla toplu taşıma sistemi içerisine dâhil edilebilecektir.

Çalışmada, hafta içi ve hafta sonu ortalama KKO açısından ve sabah ve akşam pik saatlerde bazı hatların çok yoğun bazılarının da oldukça düşük olduğu saptanmış ve bu sorunlara çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında görüldüğü kadarıyla güzergâhların deneme yanılma yolu ve yıllara dayanan tecrübelerle göre şekillendiği, güzergâhlara konulan taşıtların sayısı ve kapasitelerinin de yine bu şekilde belirlendiği düşünülmektedir.

Kent içi toplu taşıma sistemlerinin kent yaşamı ve kent gelişimi üzerindeki etkisi bilinen bir gerçektir. Kentlerde kişisel araç kullanımı ile artan trafik keşmekeşlerinin önüne geçmenin en önemli yolu planlı, verimli ve esnek bir kent içi toplu taşıma sisteminin tesis edilmesidir. Bunun için de saha ve hane halkı anketleri ile yerleşim yerlerindeki nüfus yoğunlukları, öğrenci profili ve sayısı, istihdam alanları gibi ulaşım talep ve arzını doğrudan etkileyen faktörlerin hassasiyetle belirlenerek ve bu veriler ışığında esnek, güvenilir ve verimli bir kent içi toplu taşıma ağı tasarlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akad, M., 2006. Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akbıyık, E., 2013. Toplu Taşıma Şeridi Uygulamasının Çevresel Açından Fayda Maliyet Analizi: Millet Caddesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akcayol, M. A., 2011. Denetimsiz Öğrenmenin Temelleri. Veri Madenciliği Dersi Ders Notları, Gazi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, <http://w3.gazi.edu.tr/~akcayol/files/WML6UnsupervisedLearning.pdf> (15.12.2018).
- Akı, M., 2012. Kentsel Toplu Taşıma Kapsamında Metrobüs Sisteminin Yaya Erişilebilirliğinin Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akın, O., 2015. İstanbul'da Ulaşım Sorunu ve Metrobüs Çözümü. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9, 474-488.
- Alp, S., 2008. Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşımada Kullanılması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13 (2008/1), 73-91.
- Atalay, A., 2010. Türkiye'de Trafik Kazalarının Mekansal ve Zamansal Analizi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Aydın, R., 2013. Toplu Taşımada Ticari Hız ve Hızın Yakıt Tüketimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barut, H., 2012. Türkiye'de Kentiçi Toplu Taşıma Sistemlerinde Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi İçin Bir Yöntem Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Büyükbaş, N., 2016. Toplu Taşıma Kullanımını Artırıcı Uygulamalar ve Kayseri Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çerkez, S., 2016. Edirne İli Kentiçi Ulaştırma Sistemleri ve ETUS Uygulamasının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirel, A., 2015. Kocaeli İlinde Toplu Taşıma Sisteminin Seçimi İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Analizi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Demirkollu, M., 2017. Hedef Programlama Yöntemi İle Otobüs Sefer Sayılarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Elker, C., 2002. Ulaşımında Politika ve Pratik. Gölge Ofset Matbaacılık, 158 s, Ankara, Türkiye.
- Erol, D., Ceylan H., 2015. Toplu Taşımada Minibüsten Otobüse Geçişin Konfor ve Çevre Açısından Değerlendirilmedi. 11. Ulaştırma Kongresi, İstanbul.
- Erzurum Ulaşım Ana Planı 2030, 2012. Mevcut Bilgilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi Raporu- Rapor I, Erzurum.

- Gökdağ, M., 2000. Kentsel Ulaşımında Karayolu ve Raylı Taşıma Sistemlerinin Bazı Önemli Faktörlere Göre Karşılaştırılması. *Mühendis ve Makine Dergisi*, Cilt 41, 489, 42-46.
- Gökdağ, M., Yüksel, F., 1999. Enerji Verimliliği Açısından Demiryollarının Önemi ve Geliştirilmesi. *Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi*, Ankara.
- Hassan, M.N., Hawas, Y.E. Ahmed, K., (2013). A Multi-Dimensional Framework For Evaluating The Transit Service Performance. *Transportation Research Part A* 50 (2013) 47–61.
- Hatipoğlu S. ve Arıkan Öztürk E., 2012. Yolculuk Talep Yönetimi Stratejilerinin Kentsel Trafik Yüküne Etkisi Üzerine Bir Uygulama. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2), 62-68.
- Kalaycı, Ş., 2005. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., 425 s, Ankara, Türkiye.
- Karacasu, M., 2007. Kentiçi Toplu Taşıma Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Karar Destek Modeli (Electre Yöntemi) Kullanımı. 7. Ulaştırma Kongresi, İstanbul.
- Kılınçaslan, T., Elker, C. ve Babalık Sutcliffe E., 2012. Kentsel Ulaşım. *Ninova Yayıncılık Tic. Ltd. Şti.*, 324 s, İstanbul, Türkiye.
- Li J., Chen X., Li X., Guo X., (2013). Evaluation of Public Transportation Operation Based on Data Envelopment Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 96 ((2013)) 148 – 155.
- Orhan, D., 2010. Avcılar-Söğütlüçeşme Koridorunda Metrobüs Sisteminin İşletim Özelliklerinin Simülasyon Modeli İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ozan, C., Ceylan, H., Haldenbilen, S., ve Yaşar, A.B., 2010. Kentiçi Otobüs Taşımacılığında Talep Tahmini ve Fiyat Analizleri: Denizli Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 47-61.
- Önder, B., 2011. Kentiçi Toplu Taşım Türlerinin Performansının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Özüysal, M., Çalışkanelli, S. P., Tanyel, S., (2015). Güvenilirlik Ölçütünün Toplu Ulaşım Analizinde Değerlendirilmedi. 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Trabzon.
- Saraçoğlu, B., 2012. Toplu Taşıma Sistemlerinin Entegrasyonunda Aktarma Merkezleri: İstanbul Tarihi Kıyı Bölgeleri Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uludağ, N. 2010. Bulanık Optimizasyon ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımları ile Otobüs Hatlarının Modellenmesi. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Uygun, E., 2012. Yerel Yönetimlerde Toplu Taşımanın Yeri, Edirne Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Vuchic, V.R., 1981. *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. Prentice Hall, New Jersey.
- Vuchic, V.R., 2007. *Urban Transit System and Technology*. Wilwy & Sons, New Jersey.
- Yaşar, A.B., 2009. Kentiçi Otobüs Taşımacılığında Talep Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

ÖZGEÇMİŞ

Bingöl'ün Karlıova İlçesine bağlı Halifan Köyünde 1991 yılında doğdu. İlköğretime doğduğu köyde başladı ve lise öğrenimini Bingöl'de tamamladı. 2009 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesinden 2014 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl yüksek lisans öğrenimine ve Erzurum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nde çalışmaya başladı. Çalıştığı kurum bünyesinde çok sayıda taahhüt işinde kontrol mühendisliği görevini üstlenen yazar, Erzurum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Yapım İşleri Şube Müdürlüğü'nde çalışma hayatına devam etmektedir.