



**KENT İÇİ OTOBÜS HATLARININ
PERFORMANSLARININ HEM İŞLETMECİ HEM
KULLANICI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tansu HURŞİT

Danışman: Doç. Dr. Ahmet ATALAY
Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2024
(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**KENT İÇİ OTOBÜS HATLARININ PERFORMANSLARININ HEM İŞLETMECİ
HEM KULLANICI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Evaluation of the Performance of Urban Bus Lines From the Perspective of Both Operators
and Users)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tansu HURŞİT

Danışman: Doç. Dr. Ahmet ATALAY

Erzurum
Mart, 2024

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Tansu HURŐIT tarafından hazırlanan ‘‘Kent İçi Otobüs Hatlarının Performanslarının Hem İŞletmeci Hem Kullanıcı Açısından Değerlendirilmesi’’ başlıklı çalışması 21/03/2024 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda baŐarılı bulunarak jürimiz tarafından İnaŐat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ulaştırma Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri BaŐkanı: Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK
Atatürk Üniversitesi Aslı ıslak imzalıdır

Danışman: Doç. Dr. Ahmet ATALAY
Atatürk Üniversitesi Aslı ıslak imzalıdır

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Emre KUŐKAPAN
Erzurum Teknik Üniversitesi Aslı ıslak imzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen Őartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriŐ, izelge, Şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Doç. Dr. Ahmet ATALAY danışmanlığında sunulan “Kent İçi Otobüs Hatlarının Performanslarının Hem İşletmeci Hem Kullanıcı Açısından Değerlendirilmesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	4	30
Kuramsal Temeller	8	30
Materyal ve Yöntem	15	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	0	20
Sonuç ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	16	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Tansu HURŞİT	Doç. Dr. Ahmet ATALAY
Tarih: 22.02.2024	Tarih: 22.02.2024
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../..... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun/.../..... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda danışmanlığımı yapan, tez çalışmam boyunca tecrübelerini, bilgilerini paylaşarak beni destekleyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ahmet ATALAY'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam için gerekli olan verilere ulaşmamda bana yardımcı olan Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığının tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, sevgisini, desteğini esirgemeyen canım annem ve canım babama, başka şehirde dahi olsa desteğini, varlığını hep hissettiren canım ablam Merve HURŞİT'e sonsuz teşekkür ederim.

Tansu HURŞİT

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KENT İÇİ OTOBÜS HATLARININ PERFORMANSLARININ HEM İŞLETMECİ HEM KULLANICI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tansu HURŞİT

Danışman: Doç. Dr. Ahmet ATALAY

Amaç: Her gün gelişen ve değişen şehirlerimizde toplu taşımayı cazip hale getirebilmek adına toplu taşıma sistemlerini kullanan ve işleten işletmeciyi göz önünde bulundurarak değerlendirmek gerekmektedir. Bu değerlendirme süreci hem işletmeci hem de kullanıcı bakış açılarını dikkate alarak yapılmalıdır. Çünkü kullanıcı varış noktasına en kısa sürede ve en konforlu şekilde ulaşmayı beklerken işletmeci ise zarar etmeme veya belli bir kâr oranı beklentisindedir.

Bu çalışmanın amacı, hem işletmeci hem kullanıcı bakış açılarıyla toplu taşıma hatlarının performanslarını değerlendirmektir.

Yöntem: Erzurum ilinde hizmet veren 40 otobüs hattı için hem kullanıcı hem işletmeci açısından belirlenen 9 kriter (güzergâh uzunluğu, durak sayısı, araç sayısı, sefer sayısı, sefer aralığı, sefer süresi, günde toplam km, hizmet verilen süre, yolcu sayısı) belirlenmiştir. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile birbirleriyle kıyaslanıp kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmada TOPSİS, COPRAS, WASPAS ve MOORA Önem Katsayısı Yaklaşımı olmak üzere dört farklı ÇKKV yöntemi kullanılarak toplu taşıma hatlarının performans sıralamaları hesaplanmıştır.

Bulgular: ÇKKV yöntemlerini çeşitliliği sayesinde hatların performansları hem birbirleriyle hem de yöntemler arasında karşılaştırılmıştır.

Sonuç: Kullanıcı bakış açısına göre ÇKKV yöntemlerinin hepsinde performansı en iyi olan otobüs hattı G9 olmuştur. Performansı en kötü olan ise WASPAS yönteminde K15 diğer yöntemlerde ise K16 olmuştur. İşletmeci bakış açısına göre ÇKKV yöntemlerinde performansı en iyi olan otobüs hattı COPRAS hariç G9 olmuştur. COPRAS yönteminde ise performansı en iyi K9 otobüs hattı olmuştur. Performansı en kötü olan ise TOPSİS hariç K16 olmuştur. TOPSİS yönteminde ise performansı en kötü olan B8 otobüs hattı belirlenmiştir. Genel olarak hem kullanıcı hem de işletmeci bakış açısına göre performansı en iyi G9 otobüs hattı, performansı en kötü olarak ise K16 otobüs hattı belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda otobüs hatlarının performanslarını detaylı bir şekilde değerlendirerek ve hat performanslarını iyileştirici öneriler sunarak Erzurum ili kent içi otobüs hatlarının sürekliliğine katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Erzurum, MCDM, Otobüs hattı, Hat performansı, AHP, TOPSİS, COPRAS, WASPAS, MOORA Önem Katsayısı Yaklaşımı

Mart 2024, 71 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF URBAN BUS LINES FROM THE PERSPECTIVE OF BOTH OPERATORS AND USERS

Tansu HURŞİT

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet ATALAY

Purpose: In order to make public transportation attractive in order cities that develop and change every day, it is necessary to evaluate the operators who use and operate public transportations systems. This evaluation process should be carried out by taking into account both the operator and user perspectives. Because while the user expects to reach the destination in the shortest time and in the most comfortable way, the operator expects no loss or a certain profit rate.

The aim of this study is to evaluate the performance of public transportation time lines from both operator and user perspectives.

Method: For 40 bus lines serving in Erzurum province, 9 criteria (route length, number of stops, number of vehicles, number of trips, trip interval, trip duration, total km per day, time served, number of passengers) were determined of both the user and the operator. In the study, the criterion weights were calculated by comparing each other with the AHP method, one of the MCDM methods. In addition, in the study, the performance rankings of public transportation lines were calculated using four different MCDM methods: TOPSIS, COPRAS, WASPAS and MOORA Importance Coefficient Approach.

Findings: Thanks to the diversity of MCDM methods, the performances of the lines were compared both with each other and between the methods.

Result: From the user's perspective, the bus line with the best performance in all MCDM methods was G9. The worst performance was K15 in the WASPAS method and K16 in the other methods. From the operator's perspective, the bus line with the best performance in MSDM methods was G9, excluding COPRAS. In the COPRAS method, the best performance was the K9 bus line. The worst performance was K16 excluding TOPSIS. In the TOPSIS method, the B8 bus line with the worst performance was determined. In general, from both the user and operator perspective, the G9 bus line was determined to have the best performance and the K16 bus line to have the worst performance. As a result of this study, it is hoped that it will contribute to the continuity of urban bus lines in Erzurum province by evaluating the performance of the bus lines in detail and offering suggestions to improve line performances.

Keywords: Erzurum, MCDM, Public transport performance, Bus line, Line performance, AHP, TOPSIS, COPRAS, WASPAS, MOORA Importance Coefficient Approach

March 2024, 71 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xi
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	3
Ulaşım Kavramı	3
Ulaşım Çeşitleri.....	3
Hava yolu ulaşımı	3
Demir yolu ulaşımı.....	4
Deniz yolu ulaşımı	4
Kara yolu ulaşımı	4
Kent İçi Ulaşım	4
Kent İçi Ulaşım Çeşitleri.....	5
Bireysel ulaşım.....	5
Yaya	5
Bisiklet	5
Motosiklet	5
Otomobil	6
Taksi.....	6
Toplu taşımalı ulaşım.....	6
Minibüs, Midibüs	6
Dolmuş	7
Otobüs ve Halk Otobüsleri.....	7
Raylı sistem araçları	7
Metro.....	7
Hafif Metro.....	7

Tramvay	7
Banliyö	8
Monoray	8
Füniküler	8
Performans Kavramı ve Toplu Taşıma Performans Ölçümü	8
Kullanıcı yönünden bakış açısı	9
İşletmeci yönünden bakış açısı.....	10
Çevre yönünden bakış açısı.....	10
Diğerleri yönünden bakış açısı.....	10
MATERYAL ve METOT	11
Materyal	11
Erzurum kenti genel yapısı	11
Erzurum nüfusu.....	12
Erzurum kent içi ulaşımı	13
Erzurum otobüs hatları.....	14
Erzurum Kart.....	15
Yöntem.....	18
Karar Verme.....	19
Çok kriterli karar verme	19
ÇKKV yöntemleri ile yapılan çalışmalar	19
AHP yöntemi (Analitik Hiyerarşi Süreci)	22
TOPSİS yöntemi (İdeal çözüme benzerliğe göre sıra tercihi tekniği)	24
COPRAS yöntemi (Karmaşık oransal değerlendirme yöntemi)	26
WASPAS yöntemi (Ağırlıklı birleşik toplu çarpım değerlendirmesi).....	27
MOORA-önem katsayısı yaklaşımı	28
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	29
Hat Güzergahları	29
AHP Yöntemi Çözümleri.....	34
İkili karşılaştırma matrisinin yapılması.....	34
TOPSİS Yöntemi Çözümleri.....	37
İdeal Çözüme Göre Yakınlık Hesabı	37
COPRAS Yöntemi Çözümleri	39
WASPAS Yöntemi Çözümleri.....	45
MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı Çözümü.....	47
SONUÇ VE ÖNERİ	52

KAYNAKÇA	54
ÖZGEÇMİŞ.....	58



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Erzurum'un İlçelere Göre Nüfusu	12
Tablo 2. Erzurum'da Kayıtlı Motorlu Araç Türleri	13
Tablo 3. Otobüs Filosu.....	15
Tablo 4. Otobüs Hat Verileri	16
Tablo 5. İkili Karşılaştırma Ölçeği	23
Tablo 6. Örneklem Sayısına Göre Random İndeksleri	24
Tablo 7. Erzurum Otobüs Hat Güzergahları	30
Tablo 8. Kullanıcı Bakış Açısıyla Oluşturulan İkili Karşılaştırma Matris	34
Tablo 9. İşletmeci Bakış Açısıyla Oluşturulan İkili Karşılaştırma Matrisi	35
Tablo 10. Kullanıcı-İşletmeci Bakış Açısına Göre Kriterlerin Önem Ağırlıkları	36
Tablo 11. Kullanıcı Bakış Açısına Göre TOPSİS Yöntemi Ayrım Ölçümleri Ve Sıralama ..	37
Tablo 12. İşletmeci Bakış Açısına Göre TOPSİS Yöntemi Ayrım Ölçümleri ve Sıralamalar ..	38
Tablo 13. COPRAS Yönteminin Kullanıcı Bakış Açısına Göre Hesaplamaları	40
Tablo 14. COPRAS Yönteminin İşletmeci Bakış Açısına Göre Hesaplamaları	43
Tablo 15. Kullanıcı Bakış Açısına Göre WASPAS Yöntemi İle Hatların Performansları Ve Sıralaması	45
Tablo 16. Kullanıcı Bakış Açısına Göre WASPAS Yöntemi İle Hatların Performansları ve Sıralaması	46
Tablo 17. Kullanıcı Bakış Açısına Göre MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı Performans ve Sıralamalar	48
Tablo 18. İşletmeci Bakış Açısına Göre MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı Performans ve Sıralamalar	49
Tablo 19. ÇKKV Yöntemlerine Göre Hem İşletmeci Hem De Kullanıcı Bakış Açısıyla Otobüs Hatlarının Performans Sıralaması.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Erzurum çalışma lokasyonu	12
Şekil 2. Erzurum ulaşım bölgeleri.....	13
Şekil 3. Erzurum otobüs hatları güzergahları	14
Şekil 4. Erzurum Kent Kart görseli	15
Şekil 5. Erzurum kent kart mobil uygulaması.....	16
Şekil 6. Otobüs hatlarının günlük ortalama yolcu sayısı dağılımı	17
Şekil 7. Çalışmanın akış diyagramı	18
Şekil 8. Erzurum otobüs hat güzergâhları	29

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
COPRAS	: Karmaşık Oransal Değerlendirme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
MOORA	: Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis
RI	: Rassal İndeksi
TDK	: Türk Dil Kurumu
TI	: Tutarlılık İndeksi
TO	: Tutarlılık Oranı
TOPSİS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WASPAS	: Weighted Aggregated Sum Product Assessment

GİRİŞ

Gelişen çevre ve teknolojiyle her yere konforlu bir şekilde ve kısa sürede ulaşmak isteyen insanoğlu, zamanla artan nüfus, artan konfor seviyesine bağlı olarak bireysel araç kullanımı bu isteğini gerçekleştiremez hale getirmiştir. Artan nüfus ve bireysel araç kullanımı trafik sıkışıklığını küresel bir ulaşım sorunu haline getirmiştir. Bu sorunu çözebilmek içinde bireysel araç kullanımını mümkün olduğu kadar en aza indirmeli toplu taşımalı ulaşımı tercih etmeleri sağlanmalıdır. Bu da toplu taşıma araçlarını bireysel araç kullanıcıları için cazip ve tercih edilebilecek bir konfor seviyesine getirerek mümkün olacaktır.

Sanayinin gelişmesi ve hızlı nüfus artışı kentlerde yaşayan insanların ulaşım ihtiyacını artırmaktadır. Bu gelişim hem kent içi ulaşımı hızlandırmış hem de insanoğlunun konforunu artırmıştır. Kentlerin ve sanayinin gelişmesine karşın ulaşım sistemlerinin yeteri kadar geliştirilmemesi ulaşım sorunlarına neden olmuştur (Sandal, 2009).

Kırsal yaşamdan vazgeçilerek şehir yaşamına geçilmesi ile şehirlerdeki etkinliklerinin çeşitliliği ve işyerlerine yapılan seyahatlerin fazlalığından kaynaklı ulaşım talepleri ulaşım sorunlarını da artırmaktadır (Tümertekin, 1987).

Kentlerimizde artan nüfus, sanayi, iş imkanları, bireysel araç kullanım ihtiyacının çokluğu beraberinde de trafik sorunlarına, trafikte uzun süre beklemelere bağlı zaman kaybına, enerji kaybına neden olmaktadır. Her geçen gün bu sorunların artması ise insanları alternatif ulaşım sistemlerine itmektir. Nitekim ulaşım sistemlerinin insanların ulaşım sorunlarına cevap verecek nitelikte ve performansta olması gerekmektedir. Kentlerin plansız büyümesi ve bireysel araç kullanımının artışı gibi nedenlerin ulaşım sorunlarına sebebiyet vermesi acil çözülmesi gereken kent sorunlarının başında gelmektedir.

Toplu taşımaları daha cazip hale getirmeli bireysel araç kullanımını azaltıcı iyileştirmelerle toplu taşıma kullanımı teşvik edilmelidir. Bireysel araca kıyasla çevreye olumsuz etkilerinin daha az olduğu toplu taşıma sistemlerini kullanmada oluşacak artış, enerji tasarrufu açısından olumlu bir etki oluşturacaktır. Toplu taşıma sistemlerindeki bu artış da daha çevreci ve sürdürülebilir bir ulaşım sağlayacaktır. Toplu taşımanın daha cazip bir hale gelmesi sadece konfor düzeyini artırarak değil aynı zamanda devamlılığını sağlayarak mümkündür. Bu devamlılık ise hem toplu taşımayı işleten işletmeci hem de toplu taşımayı kullanan kullanıcı açısından belirli düzey sağlanarak mümkündür. Kısacası hem işletmeci hem de kullanıcı

faydasını ortak bir payda da düşünülerek oluşturulan sistem devamlılığı da kalıcı hale getirecek ve sürdürülebilir olacaktır.

Bir sistemin etkinliğini, verimliliğini belirlenmesi için performansının bilinmesi gerekmektedir. Performans ise belirli bir hedefe ulaşma adına planlanmış etkinlik sonuçlarını, nicel ya da nitel olarak açıklayan bir kavramdır(Meyer, 2003).

Performans, bir amacı temel alan planlar doğrultusunda ulaşılan noktayı nicel ve nitel olarak tespit etmeyi hedefleyen bir kavramdır. Sonucu ise işletme hedeflerinin ya da görevlerinin uygulanma derecesidir(Songur,1995). Performans; görevsel olarak önceden kararlaştırılan ölçütleri karşılayacak biçimde, görevin uygulanması ve amacın gerçekleştirilmesi yönünde ortaya konan mal, hizmet ya da düşünce şeklidir (Helvacı, 2002).

Bu çalışmada, Erzurum ilindeki 40 otobüs hattının performanslarının hem işletmeci hem de kullanıcı açısından 9 kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir. ÇKKV yöntemlerinden olan AHP yöntemi ile kriter ağırlıklandırılmaları yapılmıştır. Hat performansları ise yine ÇKKV yöntemlerinden olan TOPSİS, COPRAS WASPAS ve MOORA Önem Katsayısı yöntemleri ile hem kullanıcı hem de işletmeci açısından ayrı ayrı hesaplanarak hem yöntemlere göre hatların performansları kıyaslanmış hem de bakış açılarına göre hat performansları kıyaslanıp değerlendirilmiştir.

KURAMSAL TEMELLER

Ulaşım Kavramı

Türk Dil Kurumunun Türkçe Sözlüğünde “ulaşım; ulaşma işi, bir şeyi bir yerden başka bir yere aktarma”, ulaştırma; “insanların, malların, haberlerin ulaşmasını sağlayan işlerin ve araçların tümü” şeklinde tanımlanmaktadır(TDK 2023).

İnsanların gerek kendilerini gerekse eşyalarını, mallarını, ürettikleri her şeyi bir başlangıç noktasından başka bir varış noktasına iletmesi ulaşım olarak adlandırılır. Gelişen ve değişen şartlarla birlikte ulaşımda kendini geliştirmiş ve değiştirmiştir. Dünya geliştikçe ulaşım sektöründe de gelişmeler yaşanmıştır. Alt yapı ve üst yapı şeklinde ulaşım iki yapıdan oluşur. Alt yapının en önemli unsurları yollar ve terminal alanları, üst yapının ise en önemli unsurları taşıtlar ve trafiktir (Eryiğit 2005).

Ulaşım Çeşitleri

Ulaştırma sektörü, kara yolu ulaşımı, deniz yolu ulaşımı, hava yolu ulaşımı, demir yolu ulaşımı başta olmak üzere boru hatları ile yapılan faaliyetleri de içerisine alan sistemlerden oluşmaktadır. Ayrıca her türlü haberleşme faaliyetlerinin yürütülmesi de ulaşımın ve ulaştırmanın alt gruplarından(Saatçioğlu 2006).

Deniz yolu araçları; deniz otobüsleri, şehir hatları vapurları, tekneler gibi araçlardır. Hava yolu araçları uçak, helikopter gibi araçlardır. Kara yolunda ve lastik tekerlekli araçlar ise; otobüs, minibüs, dolmuş, otomobil, taksi, motosiklet gibi araçlar iken, raylı sistemli araçlar da tramvay, metro, hafif metro gibi araçlardır(Kaya 2016).

Hava yolu ulaşımı

Belirli bir ücret karşılığında, herhangi bir hava aracı ile yolcu, yük ve posta taşınması olarak ifade edilmektedir (Türk Sivil Havacılık Kanunu 1983).

Hava yolu ulaşımı taşıma maliyeti bakımından diğer ulaşım sektörlerine göre maliyetli olmasına rağmen, teknolojik gelişmişlik ve hız bakımından dolayı özellikle yolcu taşımacılığında tercih edilen ulaşım aracı haline gelmiştir. Gelişen teknoloji ile daha az yakıt harcayan, daha az gürültüye sahip ve kapasitesi daha yüksek hava araçları ile havayolu ulaşımı ticari yönden daha iyi bir yapıya gelecektir (Erturgut 2016).

Demir yolu ulaşımı

İnsan veya eşyanın bir noktadan başka bir noktaya demir veya benzeri bir madenden yapılmış yol üzerinde mekanik bir güç sayesinde hareket edebilen yapıların hepsine demir yolu denmektedir. Demir yolu taşımacılığı, geniş kapasiteli taşımacılığın gerçekleştirilmesinde enerji sarfiyatı, güvenlik ve çevre etkileri açısından diğer ulaşım türleri açısından avantaj sağlamaktadır.

Deniz yolu ulaşımı

Deniz yolu ulaşımı taşımacılık açısından diğer ulaşım çeşitlerine göre maliyeti en düşük ulaşım çeşididir. Denize kıyısı bulunan kentler için de ayrıca bir ulaşım çeşitli avantajı sağlamaktadır. İnsanların ve eşyaların taşınmasında tercih edilen denizyolu taşımacılığı özellikle büyük tonajlı yüklerin taşınmasında düşük maliyetli olmasından dolayı tercih edilmektedir (Erdal ve Çancı 2009).

Kara yolu ulaşımı

Kara yolu ulaşımı, insanoğlunun tekerleği icadından başlayıp gelişen teknoloji ile gelişerek günümüzde de en çok tercih edilen ulaşım türü olmuştur. Kara yolu ulaşımı otomobil, taksi, minibüs, otobüs, motosiklet, bisiklet ve yürüme ile sağlanır. Kara yolu ulaşımının diğer ulaşım türlerine göre kaza yapma, trafikte bekleme, yakıt sarfiyatının fazla olması gibi dezavantajlarının mevcut olması beraberinde aynı zamanda en çok tercih edilen ulaşım türüdür.

Kent İçi Ulaşım

Kent içi ulaşım, yolcu ve yük taşımacılığı olarak iki şekilde yapılmaktadır. Kent içi ulaşım sisteminin oluşumunda üç ana faaliyeti gerçekleştirme vardır(Kaya 2016):

- a) Erişim faaliyeti: Kullanılan ulaşım sisteminin etkinlik noktalarına erişilebilirliğinin kolay sağlanmasıdır. Herhangi bir yolun etrafında yapılaşma ne kadar çok olursa, o yol sayesinde erişilebilen merkezlerin sayısı o kadar çoğalır, bu da erişim faaliyetinin sonuçlarını o düzeyde ön plana çıkarır.
- b) Hareketlilik faaliyeti: Etkinlik merkezleri arasında yapılan ulaşımın daha büyük insan kitleleri ile hızlı, güvenli ve ekonomik olacak şekilde yapılmasını sağlamaktır. Ayrıca bu noktada en önemli kriterin seyahat hızı olduğu bilinmektedir.
- c) Yaşam faaliyeti: Erişim sağlamak amacıyla yapılan ulaşımın haricinde kalan diğer tüm etkinliklerden oluşmaktadır. Yol kenarlarındaki alanların kullanımı, yapılaşmasıdır. Örneğin yol kenarlarına yapılan bahçeler, yeme-içme mekanları, oyun alanları, yeşil alanlar yaşam faaliyetleridir.

Kent içi ulaşımda en çok bireysel araçlar tercih edilmektedir. Ulaşım için tercih edilen araçlar gelir düzeyine göre değişmektedir. Ulaşım genellikle iş, eğitim, sağlık amaçlı gerçekleştirilmektedir. Belirli bölgelerde ve çevrelerinde önceden bilinen zamanlarda iş veya eğitim amaçlı yoğunluk oluşmaktadır (Benk 2007).

Kent içi ulaşımın temelinde insanların seyahat ihtiyaçlarını karşılama mevcuttur. Bu ihtiyaçlarını karşılaya bilmek amacıyla elde bulunan mevcut kapasite ve mali imkanları kullanarak en uygun olan toplu taşıma sistemini sağlayabilmektir.

Kent İçi Ulaşım Çeşitleri

Kentsel ulaşım, kentin arazi yapısının kullanımına, ulaşım ağının şekillenmesine ve şehrin gelişimine yön verir. Kentsel ulaşım çeşitleri genel hatlarıyla bireysel ve toplu ulaşım olarak iki gruba ayrılır.

Bireysel ulaşım

Toplu taşıma sistemleri gibi olmayan, yolcunun bireysel aracı ile istediği zaman ve istediği yol güzergahından daha konforlu bir şekilde ulaşım sağladığı bir kent içi ulaşım sistemidir. Bireysel ulaşım motorlu taşırlar, bisiklet ve yaya olarak gerçekleştirilmektedir (Kalpakçı 2013).

Yaya

Ulaşımı en eskiye dayanan ve günümüzde de en çok tercih edilen aynı zamanda güzergahı geniş olup diğer ulaşım türlerine göre ise maliyeti az olan bir bireysel ulaşım türüdür.(Sönmez 2011).

Bisiklet

Bisiklet, minimum enerji harcayarak maksimum mesafe alan ulaşım türüdür. Bisiklet ile ulaşım sağlayarak yakıt tüketimine gerek duymadan temiz, sağlıklı ve çevreci bir ulaşım sağlanabilir. Bisiklet ile seyahatin gerçekleşmesi için öncelikli olarak ulaşımın gerçekleşeceği güzergahın bisiklet kullanımına elverişli bir toprak yapısında olması gerekmektedir (Yağmur 2013).

Motosiklet

Motorlu ulaşım sistemlerinin boyut olarak vermiş olduğu avantaj sayesinde güzergahı en esnek olan türü motosiklettir. Ancak diğer türlere oranla kaza ve ölüm riski yüksektir.

Otomobil

Otomobiller, toplu taşıma sistemlerine göre daha konforlu ve daha kısa sürede ulaşım imkânı sağlaması gibi nedenlerden dolayı en çok tercih edilen ulaşım türüdür. Ancak son zamanlarda artan bireysel araç kullanımıyla birlikte ulaşımda kapladığı alan fazlalığı trafik sıkışıklığına ve dolayısıyla hava kirliliği, gürültü kirliliği gibi çevresel sorunların artmasına sebep olmaktadır.

Taksi

Bireysel yolculuk yapmak isteyen yolcuların araç içinde bulunan taksimetre adı verilen ücretlendirme sistemiyle ücretlerini ödeyerek yolculuk yaptıkları bir ulaşım türüdür(Ağın 2015).

Toplu taşımali ulaşım

Her bireyin belirli bir ücret karşılığında kullanabildiği daha önceden belirlenmiş bir güzergâhı, durak yerleri ve zaman çizelgesi olan ayrıca diğer ulaşım sistemleri ile birlikte veya ayrı kullanılabilen ulaşım sistemlerine toplu taşımali ulaşım sistemleri denir(Murat ve Şahin 2010).

İnsanların kendi imkanlarını kullanmadan belirli bir noktaya seyahat etme gereksinimlerini karşılayan toplu taşı sistemlerin uygulama şekli olarak farklılık gösterse de literatürde dört ortak özellikleri vardır(Beydilli 2016):

- a) Kamuya açık ulaşım sağlamaktadır.
- b) Sabit işletme güzergâhı vardır ve herkes tarafından bilinmektedir.
- c) Zaman çizelgesi bulunmaktadır.
- d) Sabit bir ücret karşılığı işletilmektedir.

Minibüs, Midibüs

Minibüs, kapasite açısından otobüsten küçük olup otobüsün gidemediği yerlere ulaşım sağlar, dolmuştan ise büyük olup dolmuştan daha ekonomiktir(Demirel 2015).

Minibüs işletimi genelde 14 kişilik araçlarla bireysel girişimcilerle sağlanmaktadır (Yazıcı 2010).

Midibüs ise, kapasitesi ortalama en fazla 50 yolcuya kadar çıkabilen, otobüsün küçüğü olarak bilinen, kapasite ise otobüsten az minibüsten fazla olan ve yolcu taşımacılığı yapan bir araçtır (Beydilli 2016).

Dolmuş

Belirli bir tarifesi bulunmayan yolcuların dolmuşu doldurduğu anda yola çıkan belirli bir çıkış düzeni bulunmayan ulaşım türüdür. Dolmuş bu özelliği ile yolculuk talebine göre kolayca şekillenebilen ulaşım araçlarından biridir(Kalpakkı 2013).

Otobüs ve Halk Otobüsleri

Kent içi toplu taşımacılığın iskeletini oluşturan otobüsler diğer toplu taşıma araçlarına kıyasla daha çok tercih edilen ve altyapı maliyeti açısından diğer toplu taşıma sistemlerine göre daha az maliyetli olan toplu ulaşım türüdür.

Toplu taşıma sistemlerinin ana türü olan otobüsler, raylı sistemler gibi tek bir hat üzerinde yolcu ulaşımı sağlamamakta daha geniş hat hareketine sahiptirler. Raylı sistemlerle entegreli çalıştığında ise ana besleyici olarak raylı sistemlere çalışmaktadır(Karaca 2017).

Raylı sistem araçları

Diğer ulaşım türlerine göre daha yüksek kapasiteye ve hıza sahip olan raylı sistemler, daha tercih edilebilir ve daha verimlidir. Yüksek bir yatırım maliyeti ile belirli bir demir yolu üzerinde bir hat boyunca gitmesi açısından esnek olmayan bir ulaşım türü olmasının yanı sıra sonradan herhangi bir değişikliğe veya geri dönüşe imkân vermemektedir(Sönmez 2011).

Metro

Metro, daha çok yeraltında bulunan kapasitesi yüksek ve hızlı olan ulaşım aracıdır(Kırmızı vd 2012).

Bu sistemler yüksek yolcu kapasitesine sahip şehirlerde ana toplu taşıma sistemi olarak kullanılabilirler ve genellikle diğer toplu taşıma sistemlerine bütünleşmiş bir şekilde çalışırlar. (Doğan 2014; Karşlı 2019).

Hafif Metro

Hafif metro, tramvaydan daha hızlı olup metrodan daha yavaş olan bir ulaşım aracıdır. Metro gibi demir yolu altyapı ve üst yapısı mevcut olup metrodan farkı ise elektriğini yukardan havai şekilde hat kabloları ile sağlamaktadır(Ağın 2015).

Tramvay

Tramvay, yolcu kapasitesi yüksek olan, esnek olmayan ama diğer kent içi araçlarla ortak noktalarda karşılaşılabilen bu durumda da kavşaklarda geçiş üstünlüğü bulunan toplu taşıma araçlarındandır. Ayrıca maliyet açısından diğer ulaşım türlerine göre daha ucuzdur ve elektrik

ile çalışması da çevre açısından diğerlerin kıyasla fazla bir olumsuzluk oluşturmamaktadır(Yağmur 2013).

Banliyö

Kentlerin yakınlarında bulunan yerleşim yerlerini kentlerin merkezlerine bağlayan demir yolu ulaşım türlerinden biridir(Kırmızı vd 2012).

Monoray

Köprü ve viyadük gibi yapıların üzerinde kendilerine özgü ayrılmış bir güzergâhta hareket eden raylı toplu taşıma araçlarıdır. Otonom bir sisteme sahip olan monoraylar tamamen akıllı ulaşım sistemlerinin en güzel örneklerindedir ve bilgisayarlı bir işletim sistemiyle hareket ederler. Monorayların yolcu kapasitesi ne ağır raylılar gibi çok fazla kapasitelidir ne de hafif raylılar gibi az kapasitelidir, ikisinin ortasında bir yolcu kapasitesi için kullanılır(Karlı 2019).

Füniküler

Daha çok eğimli arazilerde kullanılan funiküler, bir ray üstünde kablo vasıtasıyla çekilerek hareket etmektedir(Kırmızı vd 2012). Türkiye’ de ise ilk İstanbul’da 1875 yılında tünelde hizmet hayatına başlamıştır(Funiküler 2015).

Performans Kavramı ve Toplu Taşıma Performans Ölçümü

Performans, Fransızca kökenli bir kelimedir. Performans kelimesinin sözlük anlamı, “1.Herhangi bir eseri, oyunu, işi vb.ni gerçekleştirme; 2.Kişinin yapabileceği en iyi derece; 3. Herhangi bir eseri, oyunu, işi vb. ortaya koyarken gösterilen başarı” olarak tanımlanmaktadır (TDK 2023).

Performans, en temel anlamıyla, belirli bir amaç için ve planlanmış etkinlik sonuçlarını, nicel ya da nitel olarak ifade eden bir olgudur(Meyer 2003).

Performans, özünde bir amacı olan planların gerçekleşmesi ile hedeflenen noktayı nitel ya da nicel olarak tespit etmeyi sağlayan bir kavramdır. Sonuç hedeflenen amaçların ya da görevlerin uygulanma seviyesini gösterir(Songur 1995).

Performans değerlendirme ise genellikle işletmelerin uyguladığı bir değerlendirme olup herhangi bir durumda verimlilik oranını tespit etmede kullanılır. Performans değerlendirmesi, çalışan yeteneklerini işin niteliğine ve şartlarına ne derece karşıladığını tespit eden veya kişinin görevindeki verimliliğini tespit etme amacıyla nesnel analizler olarak da ifade edilebilir (Sabuncuoğlu 2013).

Ulaşım sistemlerinin performansı genellikle “üretkenlik”(productivity) kavramı ile açıklanmaktadır. Üretkenlik ise iş gücü, sermaye, vb. gibi sistem girdileri ile toplam yolcu sayısı, seyahatlerin yolcu-km değeri, vb. sistem çıktıları arasındaki ilişki olarak adlandırılabilir (Stevenson 1996).

Kent içi ulaşım planlarının ve toplu taşıma sistemlerinin kamu hizmetine yönelik bir çabaları olduğundan belirli bir hedefleri ve bu hedef için belirli bir bütçeleri vardır. Bu hedeflerini belirlenen bütçe dahilinde tutturmayı başarmalıdır. Planlamaların üretkenliği iki kavramla ilişkilidir: Verimlilik ve Etkinlik.

Verimlilik, üretim unsurlarından ne derece yararlandığını gösterir. Etkinlik ise hedeflenen amaca ulaşma ölçüsüdür(Top 2001).

Kısacası verimlilik “iş doğru yap”, etkinlik ise “doğru işi yap” olarak özetlenebilir (Yılmaz 2003).

Bir toplu taşıma sisteminin performans ölçümü o sistemin tercih edilmesi ve memnuniyet seviyesinin ölçülmesiyle tespit edilmektedir. Sistem başarısı tercih edilerek ve memnun bırakılarak sağlanır. Bu başarı ve memnuniyet kriterleri ise bakış açısına göre değişkenlik göstermektedir.

Toplu taşıma sistemlerinin performans ölçümünde genel olarak dört farklı bakış açısı kullanılmaktadır.

Bu bakış açıları kullanıcı, işletmeci, çevre ve diğer bakış açıları olmak üzere toplam dört farklı bakış açısıdır.

Kullanıcı yönünden bakış açısı

Kullanıcılar yani yolcular belirli bir ücret karşılığında bir noktadan başka bir noktaya belirli bir süre içinde ulaşım sağlayan kişilerdir. Kullanıcılar toplu taşıma sistemlerinin performanslarının değerlendirilmesinde etkin bir rol oynarlar. Kullanıcılar toplu taşıma sistemlerini kullanırken öncelikle ayrıntılı, pratik ve anlaşılır istasyon ve durak görselleri, doğru bir ücret tarifesi göstergesi, değişiklik olduğu zaman değişiklikleri gösteren görseller ve her durakta bulunması gereken varış kalkış tabloları olmasını istemektedir(Kesten 2008).

Kullanıcılar uygun maliyetli, güvenli, en kısa sürede ve yüksek kalitede bir hizmet beklentisindedir. Hizmet kalitesine bu bakış açısı ile bakar.

Bir toplu taşıma sisteminin verimliliği, kullanıcıya uygunluğuna, ücretine, güvenliliğine, hizmet düzeyine, konforuna, erişilebilirliğine, hızına, sefer sıklığına ve her kesime hitap edip etmediğine bakılarak tespit edilmektedir(Kesten 2008).

İşletmeci yönünden bakış açısı

İşletmeci her zaman belirli bir kar oranı ve zarar etmeme beklentisinde bir bakış açısına sahiptir. İşletmeci kullanıcıdan tamamen farklı bir bakış açısına sahip olduğundan işletmeci için önemli olan verimlilik kavramıdır. Verimlilik ise yakıt(enerji), çalışan, araç, sistem yetebilirliği bakım-onarım, kar-zarar gibi etkenler ile tespit edilmektedir(Kesten 2008).

İşletmecinin sistemin maliyet kontrolü, bütçe kullanımı, personel denetimi ve hizmet kalitesi kontrolü gibi sorumlulukları vardır. İşletmeci gerçekleştirecek olan seferleri minimum sefer sayısı ile minimum şoför ve araçla yapmak ister. Bu sorumluluk ve istekleri işletmecinin bakış açısını şekillendirir.

Ayrıca işletmeci performans kriterlerinin sonucuna bakarak karar verme gücüne sahip olduğundan durum değerlendirmesi yapıp gerekli tedbirleri alır(Vuchic 2005).

Çevre yönünden bakış açısı

Çevre olarak toplumun bütünü toplu taşıma sisteminden etkilenirler. Hizmet alanı içinde kalan arazinin yapısını değiştirecek, o bölgedeki halkın ekonomik faaliyetlerini şekillendirecek, halkın yaşam standartlarını yükseltecek ve ulaşım tercihinin değiştiği olacaktır. Bu etkilerin çevre açısından olumsuz bir durum oluşturmaması gerekmektedir. Bir çevrenin toplu taşıma sisteminden beklentisi hizmet kalitesinin performanslı çalışmasıdır.

Çevre yönünden toplu taşımalar, çevre kirliliğinin azalması, trafik tıkanıklığının azalması, enerji kullanımının azalması, kentlerin hareketlenmesi, yolcu çekiminin artması ve kentlerin gelişmesini sağlayan önemli sonuçlardır.

Diğerleri yönünden bakış açısı

Diğer bakış açıları ise yatırımcılar ve düzenleyiciler olarak iki başlıkta toplanmaktadır. Yatırımcılar toplu taşıma sisteminde hizmet sunulabilmesi için gerekli parasal desteği sağlayan kişilerdir. Yatırımcılar, yatırım yaptıkları ve zarar etmek istemedikleri için sistemlerin performansları ve verimliliklerini takip halindedirler (Kesten 2008).

Düzenleyiciler ise devletin toplu taşıma sistemi ile ilgilenen kurum ve kuruluşlarıdır. Düzenleyiciler var olan yatırımın ve sistemin sürekliliğini sağlayan yapılardır. Düzenleyici olarak belediyeler, valilikler ve ulaştırma bakanlığı görev yapmaktadır (Vuchic 2005).

MATERYAL ve METOT

Materyal

Araştırma kapsamında kullanılan ana materyal, Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı ve Erzurum kart mobil uygulamasından temin edilen verilerdir. Elde edilen verilerde 40 otobüs hattının 34 tanesi kent merkezli güzergaha sahip 6 tanesi ise (K11 K12 K13 K14 K15 K16) merkeze bağlı mahallelere giden güzergaha sahip hatlar olduğu görülmektedir. Hat performansının etkinliğini değerlendirmek için Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Daire Başkanlığından alınan bir günlük veriler doğrultusunda 9 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler ;

- Güzergâh uzunlukları (km)
- Durak sayısı
- Araç sayısı
- Sefer sayısı
- Sefer aralığı (dk)
- Sefer süresi (dk)
- Günde toplam km
- Hizmet verilen süre (dk)
- Yolcu sayısı (bir günlük ortalama)

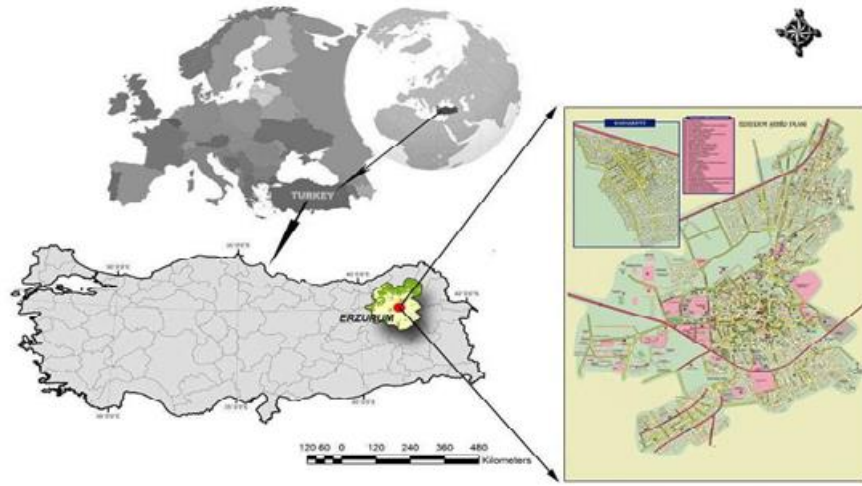
olarak sıralanmıştır.

Erzurum kenti genel yapısı

Yüzölçümü yaklaşık 825 km² olan Erzurum kenti Erzurum Ovası'nın güneydoğusunda, Palandöken Dağları'nın kuzey tarafındaki yamaçların üzerinde az eğimli olan bölgeye kurulmuştur (Demir vd 2016). Ülke topraklarının %3,2'sini kaplayan il, 40°15' ve 42°35' doğu boylamlarıyla 40°57' ve 39°10' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Yavaş 2019).

Türkiye'nin 14. Büyük kentidir. Büyükşehir olduktan sonra merkez ilçe, Palandöken, Aziziye ve Yakutiye olarak 3 ilçeye ayrılmıştır. Kentteki ortalama yükselti 2000 m'yi bulmaktadır. Soğuk kuşak kentleri arasında bu yükseltide kurulmuş en büyük kenttir (Kocaman vd 2005).

Çalışma alanının lokasyon haritası Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Erzurum çalışma lokasyonu

Erzurum nüfusu

Erzurum nüfusu 2022 yılında yapılan nüfus sayımına göre 749.754'tür. Bu nüfus, 373.375 erkek ve 376.379 kadından oluşmaktadır. Yüzdeler olarak ise: %49,80 erkek, %50,20 kadındır. Yüzölçümü 25.355 km^2 olan Erzurum ilinde kilometrekareye 30 insan düşmektedir. Erzurum nüfus yoğunluğu 30/ km^2 'dir.

Erzurum nüfusunun büyük bir çoğunluğu merkez ilçe olan Yakutiye, Palandöken ve Aziziye ilçeleri oluşturmaktadır.

Tablo 1. Erzurum'un İlçelere Göre Nüfusu(TÜİK 2022)

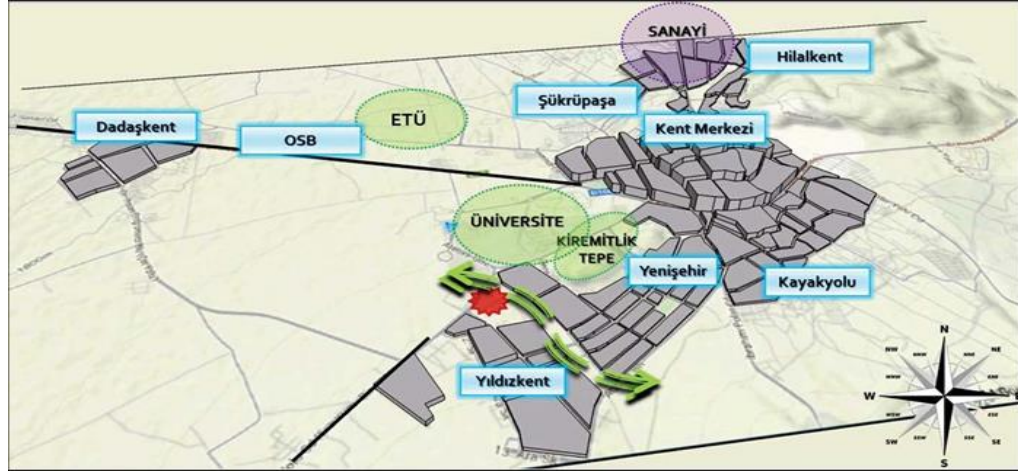
İlçe	İlçe Nüfusu	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Nüfus Yüzdesi
Yakutiye	190.373	91.442	98.931	25,39%
Palandöken	177.374	86.833	90.541	23,66%
Aziziye	65.553	34.585	30.968	8,74%
Horasan	36.519	18.598	17.921	4,87%
Oltu	30.075	15.065	15.010	4,01%
Pasinler	27.055	13.791	13.264	3,61%
Karayazı	25.543	13.113	12.430	3,41%
Hınıs	24.680	12.536	12.144	3,29%
Tekman	23.195	11.746	11.449	3,09%
Karaçoban	22.250	11.337	10.913	2,97%
Aşkale	21.494	10.795	10.699	2,87%
Şenkaya	16.035	8.091	7.944	2,14%
Çat	15.556	8.089	7.467	2,07%
Tortum	15.259	7.575	7.684	2,04%
İspir	14.607	7.315	7.292	1,95%

Tablo 1. (devamı)

Köprüköy	14.204	7.332	6.872	1,89%
Narman	12.292	6.232	6.060	1,64%
Uzundere	7.625	3.834	3.791	1,02%
Olur	6.262	3.149	3.113	0,84%
Pazaryolu	3.803	1.917	1.886	0,51%

Erzurum kent içi ulaşımı

Ulaşım sisteminde doğu-batı yönlü uzanan ve neredeyse birbirlerine paralel olan üç tane ana aks bulunmaktadır. Kentin araç trafiğinde olduğu gibi yaya ulaşımı bakımından da en yoğun caddelerinden biri Cumhuriyet Caddesidir. Kent ulaşımında ana bir aks olarak görev yapan caddeye, kuzey ve güneye doğru farklı cadde ve sokaklar bağlanmaktadır. Cumhuriyet Caddesi'nde yaşanan bu yoğunluğun sebebi, vatandaşlara dinlenme, bekleme, eğlenme ve ihtiyaçlara cevap verebilme gibi kullanım çeşitliliği sunmasıdır (Şişman ve Kırzioğlu 2002).



Şekil 2. Erzurum ulaşım bölgeleri (Dursun ve Çodur 2015)

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yapılan incelemeler neticesinde Erzurum ilinde bulunan araç türüne göre araç sayısı aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. Erzurum'da Kayıtlı Motorlu Araç Türleri(TÜİK 2022)

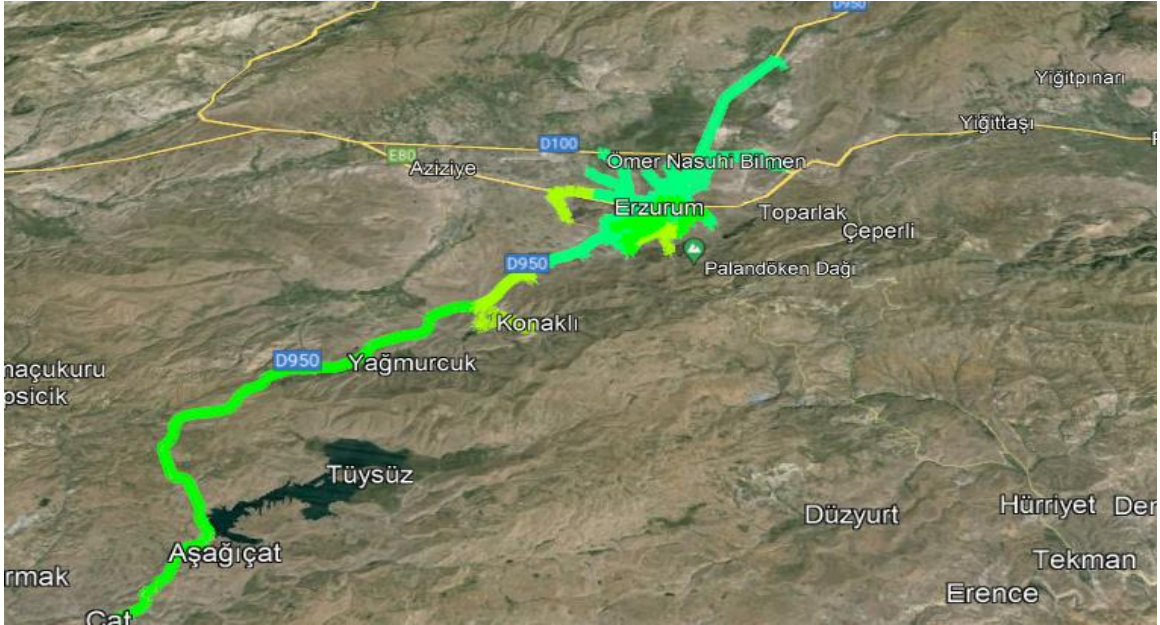
Araç Türü	Taahıt Sayısı
Otomobil	62.305
Minibüs	2.465
Otobüs	1.166
Kamyonet	27.523
Kamyon	5.937
Motosiklet	3.623
Özel Amaçlı Araçlar	734
Traktör	20.763
Toplam	124.516

Erzurum’da toplu ulaşım minibüs ve otobüsler ile sağlanmaktadır.

Erzurum otobüs hatları

Erzurum’da şehir içi ulaşım sadece karayolu ile sağlanmaktadır. Şehir içi ulaşımında otobüs ve minibüsler ama çoğunlukla bireysel araçlar kullanılmaktadır. Ayrıca ticari taksi kullanım yapılmaktadır. Otobüs hatları kent merkezine göre doğu-batı-kuzey-güney olarak kodlanmıştır. Kent merkezinin güneyinde kalan bölgelere giden otobüs hatları G1-G2-G3, kuzeyinde kalan bölgelere giden otobüs hatlarına K1-K2-K3, doğunda kalan bölgelere giden otobüs hatlarına D1-D2 ve batısında kalan bölgelere giden otobüs hatlarına B1-B2-B3 şeklinde kodlamalar yapılmıştır.

Elde edilen verilerde 40 otobüs hattının 34 tanesi kent merkezli güzergaha sahip 6 tanesi ise (K11 K12 K13 K14 K15 K16) merkeze bağlı mahallelere giden güzergaha sahip hatlar olduğu görülmektedir.Şeki1 de ise Erzurum iline ait bütün otobüs hatlarının güzergahlarını gösteren görsel mevcuttur.



Şekil 3. Erzurum otobüs hatları güzergahları

Erzurum Büyük Şehir Belediyesinden temin edilen otobüs filosu bilgilerine göre toplam 80 otobüs bulunmaktadır. Otobüslerin model, model yılı, rengi, kapasitesi gibi ayrıntılı bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Otobüs Filosu

ADET	MODEL	MODEL	MODEL YILI	YAKIT TÜRÜ	RENGİ	PLAKASI	KAPASİTESİ
30	Temsa Cng	T.Solo	2016	Cng Doğalg.	Turkuaz	Resmi	100
10	Temsa	9 Mt.Solo	2016	Dizel	Turkuaz	Resmi	100
15	Otokar Solo	O.Solo	2013	Dizel	Turkuaz	Resmi	100
10	Mersedes Solo	M.Solo	2012	Dizel	Kırmızı	Resmi	100
3	Mersedes	Körüklü	2012	Dizel	Kırmızı	Resmi	140
3	Mersedes	Körüklü	2009	Dizel	Kırmızı	Resmi	140
2	Mersedes	Körüklü	2000	Dizel	Sarı	Resmi	140
3	V-6	V-6	1990	Dizel	Kırmızı	Resmi	85
3	İveco	İveco	2000	Dizel	Turkuaz	Resmi	30
1	Prestij	Prestij	2001	Dizel	Beyaz	Resmi	25
1	Maraton	Maraton	1980	Dizel	Mavi	Resmi	40

Erzurum Kart

Erzurum toplu ulaşım otobüs hatlarında kullanılan Erzurum kart belediye tarafından belirlenen öğrenci indirimli kart, öğretmen indirimli kart, tam kart, 65 yaş üstü ücretsiz kart, engelli ücretsiz kart ve diğer kart adı altında polisler, askerler, gaziler, şehit yakınları ücretsiz kart tipleri vardır. Belediye tarafından belirlenen ücret tarifesine göre kart fiyatlandırılması yapılarak halka sunulmaktadır.



Şekil 4. Erzurum Kent Kart görseli

Erzurum kart mobil uygulaması ile bulunduğumuz konumunuzdan gitmek istediğiniz konuma göre otobüs güzergahlarını ve size en yakın durakları gösterir. Ayrıca kart dolun merkezlerini ve hatların detaylı durak bilgileri ile güzergahlarını göstermektedir. Erzurum kart yeni güncellemeler, değişiklikleri ise duyurular kısmından paylaşmaktadır.



Şekil 5. Erzurum kent kart mobil uygulaması

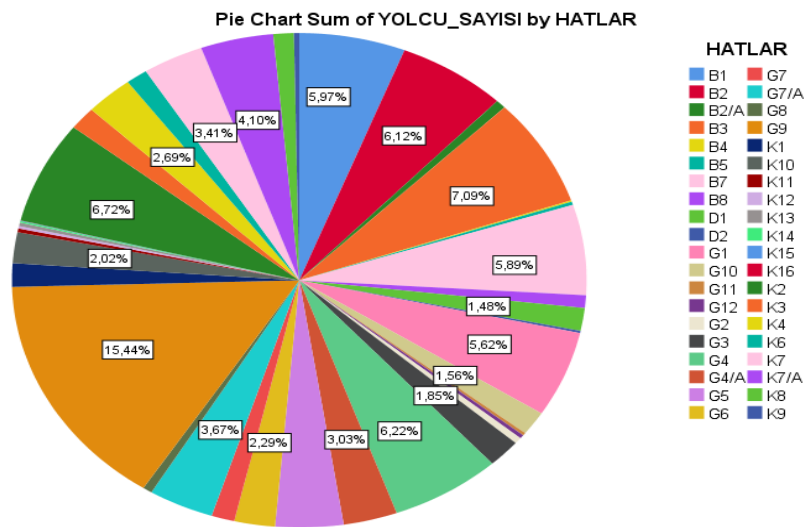
Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Daire Başkanlığından alınan veriler doğrultusunda oluşturulan otobüs hatlarının verileri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Otobüs Hat Verileri

Hatlar	Güzergâh Uzunluğu (km)	Durak Sayısı	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Sefer Aralığı (dk)	Sefer Süresi (dk)	Günde Toplam Km	Hizmet Verilen Süre (dk)	Yolcu Sayısı (günlük)
B1	46,9	86	9	10	10	108	4221	935	5511
B2	32,4	83	13	9	10	104	3790,8	915	5656
B2/A	33	61	3	9	30	120	891	900	533
B3	30,3	79	13	9	10	104	3545,1	975	6549
B4	65,5	79	1	5	180	180	327,5	840	87
B5	46,8	91	1	5	180	180	234	840	198
B7	52	109	7	8	15	140	2912	915	5445
B8	26,6	83	4	5	30	70	532	840	768
D1	25,4	73	3	11	45	60	1171,5	885	1371
D2	29,6	33	1	12	60	60	319,2	840	138
G1	34,7	78	11	8	10	120	2235,2	915	5189
G2	57,9	63	2	9	60	120	532,8	900	376
G3	54,6	98	4	9	30	120	1249,2	900	1711
G4	20,7	162	10	7	15	160	4053	915	5743
G4/A	35,9	155	5	6	30	160	1638	900	2800
G5	25,7	62	8	11	10	96	1821,6	910	3527
G6	31,3	111	5	9	20	120	1292,4	900	2118
G7	25,7	75	4	9	30	120	925,2	900	1201

Tablo 4. (devamı)

G7/A	31,3	88	8	8	15	120	2003,2	900	3387
G8	28,7	57	1	14	70	70	401,8	900	485
G9	32,6	7	21	8	6	126	5476,8	870	14266
G10	30,4	102	4	9	25	120	1094,4	900	1439
G11	15,1	34	1	13	120	120	196,3	750	169
G12	49	2	1	5	240	240	245	840	220
K1	25,1	71	3	12	30	90	903,6	930	1412
K2	33	89	9	7	15	135	2079	900	6210
K3	28,2	64	4	9	30	120	1015,2	900	1391
K4	39,4	81	4	9	30	120	1418,4	960	2484
K6	33,3	69	5	9	30	120	1198,8	950	1126
K7	47,6	125	5	6	35	175	1428	895	3154
K7/A	44,3	125	3	6	35	110	1329	900	3789
K8	55,4	54	1	8	45	90	1329,6	890	1062
K9	19,1	28	5	13	60	30	248,3	840	276
K10	31,4	73	1	10	20	60	1570	905	1863
K11	37,2	2	1	5	240	240	186	840	224
K12	27,3	16	1	5	240	240	136,5	840	150
K13	17,8	18	1	5	240	240	89	840	211
K14	27,7	24	1	4	300	300	110,8	840	89
K15	32,9	21	1	4	300	300	131,6	840	31
K16	42,1	20	1	4	300	300	168,4	840	12



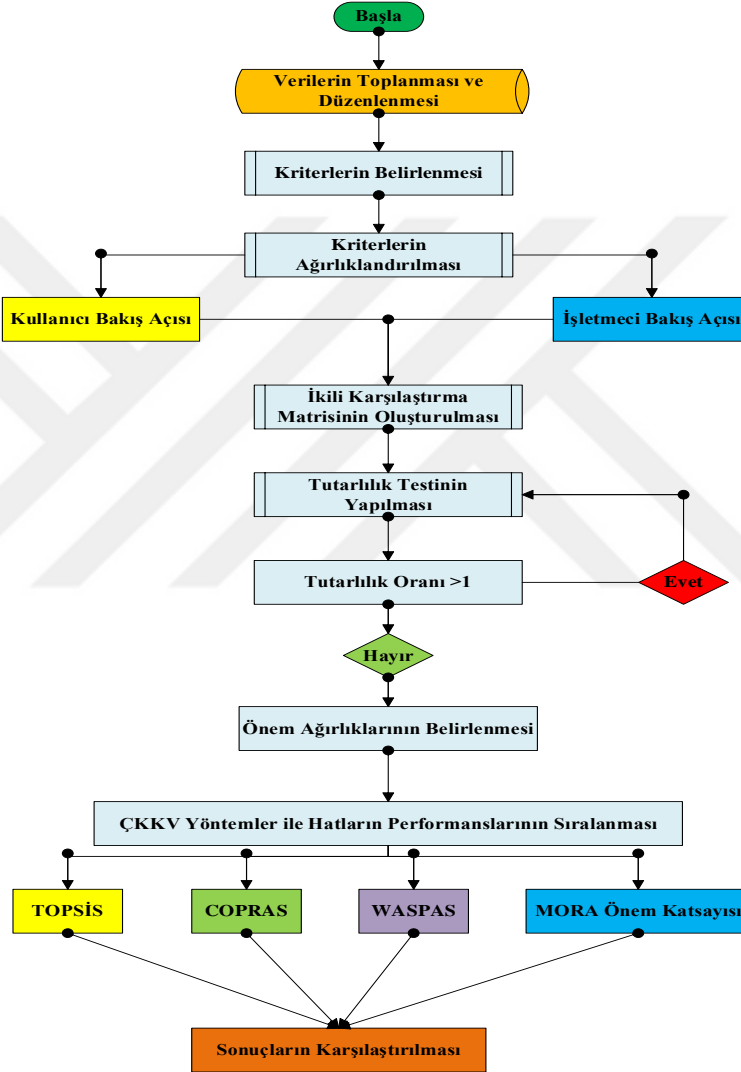
Şekil 6. Otobüs hatlarının günlük ortalama yolcu sayısı dağılımı

Şekil 6’da otobüs hatlarının günlük ortalama yolcu sayısı dağılımı mevcuttur. Hatlara göre en çok günlük yolcu sayısı %15,44 ile G9 otobüs hattıdır.

Yöntem

Çok kriterli karar verme ; birden fazla kriteri aynı anda göz önünde bulundurarak alternatiflere değerler atamaktır(Phuaand Minowa 2005).Çok kriterli karar verme problemlerinin en temel amacı problemle alakalı bütün kriterleri en iyi seviyede tutup beklentiyi karşılayarak en iyi alternatifi tespit etmektir (Chatterjee and Chakraborty 2012).

Bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSİS, COPRAS, WASPAS, MOORA Önem katsayısı yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın akış diyagramı Şekil 7' de belirtilmiştir.



Şekil 7. Çalışmanın akış diyagramı

40 otobüs hattının performanslarının hem işletmeci hem de kullanıcı açısından 9 kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir. ÇKKV yöntemlerinden olan AHP yöntemi ile kriter ağırlıklandırılmaları yapılmıştır. Hat performansları ise yine ÇKKV yöntemlerinden olan TOPSİS, COPRAS WASPAS ve MOORA Önem Katsayısı yöntemleri ile hem kullanıcı hem de işletmeci açısından ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yapılan birçok uygulamada ÇKKV yöntemleri kullanılırken alanında uzman olan kişilerin görüşleri alınarak kriterlerin önem ağırlıkları oluşturulmuştur. Uzmanlar tarafından yapılan puanlamalar aritmetik ortalamaları alınarak uygulamaya konulmuştur. Alternatiflerin sıralanması açısından kriterlerin üzerinde veri seti olarak oluşturulmuştur.

Karar Verme

Karar verme, mevcutta bulunan bütün alternatifler içinden hedeflenene en yakın ve en olabilecek olanı veya olanları seçme aşamasıdır (Filiz 2004). Karar verirken; hedeflenenin, stratejilerin ve amaçların bir ortak sistem etrafında oluşturulup algılanması gerekmektedir.

Hedeflenene ulaşmak amacıyla takip edilmesi gereken aşamalar, her gün gelişen ve değişen teknolojiye göre en olabilecek olanı tespit edebilmek için birçok metot, analiz, yaklaşım mevcuttur. Karar verme sürecine analitik olarak yaklaşabilmek için karar verme sürecinden önce kararı etkileyecek ana unsurları önce tespit etmek gerekmektedir(Özbek 2017).

Çok kriterli karar verme

Çok kriterli karar verme süreci tespit edilen birden fazla kriteri aynı anda değerlendirerek alternatiflere değer verme olarak adlandırılır(Phuaand Minowa 2005). Çok kriterli karar verme problemlerinin amacı var olan tüm kriterler göz önünde bulundurularak en üst seviyede hedeflenen alternatifi tespit edebilmektir (Chatterjee and Chakraborty 2012).

ÇKKV yöntemleri ile yapılan çalışmalar

Literatürde, toplu taşıma sistemlerinin performans değerlendirmek amacıyla birçok farklı çalışma mevcuttur. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılarak yapılan çalışmalarla toplu taşıma sistemlerinde performans iyileştirilmesi, verimliliğin artırılması ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önem arz etmektedir.

Atalay ve Biricik (2022) yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde bulunan kent içi toplu taşıma sistemlerinden olan otobüs sistemlerinin verimliliklerini irdelemişlerdir. Erzurum ilinde hizmet veren 33 otobüs hattının veri zarflama analizi yöntemi ile verimlilik analizi yapılmış ve verimliliğin artırılması için çözüm önerileri sunulmuştur.

Bhagavath (2006) yaptığı çalışmada veri zarflama analizi ile Devlet Karayolu Taşımacılığı taahhütlerinin teknik verimlilik ölçümünü yapmıştır.

Carvalhoet *et al.* (2015) yaptığı çalışmada Brezilya'da bulunan 21 şehrin kentsel toplu taşıma sistemlerine etkinlik ve verimlilik analizi yapmayı hedeflemiştir. Çalışma kapsamında kullanılan yöntem ise ÇKKV metotlarından olan veri zarflama analizidir

Ertuğrul ve Koç Ustalı (2021) yaptıkları çalışmada raylı ulaşım sistemlerinin kent içi performansını tespit edebilmek için iki kademededen oluşan ÇKKV metotlarından faydalanılarak bir model yapmayı hedeflemişlerdir. Kriterlerin önem katsayıları SWARA yöntemi ile belirlemiş olup hat performansları ise ARAS yöntemi ile hesaplamışlardır.

Güner (2016) yaptığı çalışmada Sakarya Büyükşehir Belediyesi otobüs işletmesinde bulunan 30 şehir içi otobüs hattının hizmet etkinliğini ÇKKV yöntemlerinden veri zarflama analiz yöntemi kullanarak yapmıştır.

Güner (2017) yaptığı çalışmada şehir içi toplu taşıma otobüs hatlarının işletme verimliliklerinin ve hizmet kalitesinin ölçmek amacıyla AHP ve TOPSIS yöntemlerinden oluşan iki adımdan oluşan bir yaklaşım önerisinde bulunmuştur.

Güner vd (2017) yaptıkları çalışmada kamu ve özel olarak işletilen şehir içi otobüs hatlarının hizmet etkinlikleri veri zarflama analizi yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Hamurcu ve Eren (2015) yaptıkları çalışmada Ankara Büyükşehir Belediyesinde ilk kez uygulanacak olan monoray güzergâh seçimi için çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak en uygun güzergâhı belirleyip kent ulaşım sorunlarına çözüm bulmak amaçlanmıştır.

Hamurcu vd (2018) yaptıkları çalışmada 73 araçtan oluşan Kırıkkale kampüs dolmuş hattını ÇKKV yöntemlerinden olan AHP yöntemiyle yolcu verimliliği, çevre ve ulaşım verimliliği ana kriterleri ve bu ana kriterlere ait alt kriterleri belirleyerek dolmuş hattının hat etkinliğini belirlemeyi amaçlamışlardır.

Hamurcu ve Eren (2018) yaptıkları çalışmada 13 adet raylı sistem projesi içinden en uygun olanı seçebilmek amacıyla MOORA yöntemi kullanıp, projeleri sıralayarak seçim yapmayı amaçlamışlardır.

Kaynarca (2017) yaptığı çalışmada İstanbul ilinde bulunan ve İETT işletmesi altındaki toplu taşıma sisteminin performansının hesaplanması amacıyla hizmet kalitesi modeli oluşturulmuştur. Çalışmada hizmet kalitesi standarttı kapsamında çevre, güvenlik, konfor, bilgilendirme, zaman, müşteri hizmetleri, erişilebilirlik ve uygunluk olarak toplam sekiz kriter kullanılmıştır. Kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemek amacıyla ise ÇKKV yöntemlerinden olan AHP yöntemi uygulanmıştır. Her kriterin hesaplanan ağırlık ile çarpılması sonucunda her bir denetim noktasının skoru hesaplanmıştır.

Mohajeri and Amin (2010) yaptıkları çalışmada raylı ulaşım sistem için istasyon yer seçimi problemini; teknik, ekonomik, şehircilik-mimari açıdan ve yolcu açısından dikkate alarak AHP yöntemi ile değerlendirerek açıklamayı amaçlamışlardır.

Nar (2022) yaptığı çalışmada AHP, SWARA, TOPSİS yöntemlerini kullanarak raylı ulaşım sistemlerinde sefer sıklığı optimizasyonunda kritik başarı faktörlerini sıralamış ve faktörler arası incelemelerde bulunmuştur.

Öncel (2003) yaptığı çalışmada İstanbul boğaz geçişinde en iyi ulaşım alternatiflerini, 3 alternatif arasından 5 ana kriter (ekonomik, çevresel, sosyal-kültürel, ulaştırma problemleriyle ilintili ve ulaşım sistemi kriterleri) ve 17 alt kriter üzerinden 3 farklı çok ölçütlü karar verme yöntemi ile değerlendirmiştir.

Öncel (2003) yaptığı çalışmada İstanbul Boğazı'nın geçişi için en iyi ulaşım sistemi seçim problemi çözümünde üç alternatif oluşturulmuş ve bu alternatiflerin kıyaslanması için beş temel kriter ve bu kriterlere bağlı on yedi alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler dikkate alınarak üç farklı çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile değerlendirilmiş ve gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır.

Özarpa vd (2021) yaptıkları çalışmada kent içi akıllı ulaşımında yeni hat oluştururken alternatifler arasından seçim yapmak için çok kriterli karar verme yöntemleri uygulamışlardır. Kriterlerin önem ağırlıklarını hesaplarken Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve en uygun alternatifin bulunabilmesi için PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır.

Özçelik ve Eren (2019) yaptıkları çalışmada Kütahya iline bağlı Tavşanlı ilçesine bağlı olan 5 adet dolmuş hattını ÇKKV yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak toplu taşıma hatlarının performanslarını tespit etmişlerdir.

Özdemir ve Özcan (2020) yaptıkları çalışmada bir demir yolu tren işletmecisinin bakım optimizasyonu için yük vagonlarının kritiklik seviyelerini belirleyebilmek için AHP ve COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca vagonların bir yıllık bakımlarının planı ise tam sayılı bir programlama modeli ile tespit edilmiştir.

Piantanakulchai and Saengkhaio (2003) yaptıkları çalışmada Tayland'da alternatif otoyol güzergâhlarının tespit edilmesini amaçlamışlardır. Değerlendirmelerinde kriterleri temel olarak kullanıcı, toplum ve yönetim açısından ana kriter ;ulaşım etkilerini, seyahat süresi, seyahat maliyeti, güvenlik, erişebilirlik; ekonomik ve finansal etkileri, ekonomik gelişme, proje maliyeti, yatırımın geri dönüşü, sosyal etki, görsellik, hava kirliliği, ses, enerji tüketimi ve titreşim gibi alt kritere ayırmışlardır. Coğrafi Bilgi Sistemini ve AHP yöntemini kullanarak güzergâh seçimini gerçekleştirmişlerdir.

Sarı (2010) yaptığı çalışmada ülkemizde bulunan 16 adet büyükşehir belediyesine ait hat performanslarını ve Adana Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletme Müdürlüğüne ait çalışan

otobüslerin işletme hesaplamalarını ÇKKV yöntemlerinden olan veri zarflama analizini kullanarak yapmıştır.

Sarımehmet ve Hamurcu ve Eren (2020) yaptıkları çalışmada Kırıkkale ilinde şehir merkezi ile üniversiteyi YHT ile bağlamak için güzergâh seçimi probleminde, AHP yöntemi ile kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmış ve hesaplanan önem ağırlıklarına göre TOPSİS yöntemi ile alternatif güzergahlar sıralanmıştır.

Solak ve Öcalır (2021) yaptıkları çalışmada Türkiye'deki raylı sistem alternatiflerini dokuz kriter tespit ederek üç ayrı senaryoya göre çok ölçütlü değerlendirme yöntemiyle değerlendirmiş ve senaryolar karşılaştırılmıştır.

AHP yöntemi (Analitik Hiyerarşi Süreci)

AHP Saaty tarafından 1970 yılında geliştirilen bir yöntemdir. AHP'de amaç belirlendikten sonra bu amaca yönelik bu amacı etkileyen kriterler ve bu kriterlere ait eğer varsa alt kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Kriterler belirlenirken bu amaç doğrultusunda bilgi sahibi olan uzman kişiler, kurumlar, kuruluşlar, anket çalışmaları ve bilim insanlarının çalışmalarından yararlanır.(Özbek 2017).

AHP yöntemi, takip eden aşağıdaki gibi yedi işlem adımından oluşur:

1.Adım: Problemin tanımlamasının yapılması ve problem çözümüne uygun kriterlerin seçimi yapılır.

2.Adım: Hiyerarşik yapı oluşturulur, hiyerarşinin en üstünde bulunur. Amaçtan sonra o amaca ulaşmamız ve amacı en iyi etkileyen bütün kriterler belirlenir ve kriterlerin eğer alt kriteri varsa onlar da o kriterin altına yazılır.

3.Adım: İkili olarak karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Kriterin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Yöntemde a_{1n} değeri 1. kriterin n. kritere olan önem derecesini gösterir. Yani 1. kriterin n. kritere göre ne oranda tercih edilebileceği gösterilir. a_{11} ve a_{nn} değerleri 1 değerini alırken, a_{n1} değeri ise $1/a_{1n}$ değerini alır.

Seçeneklerin karşılaştırması, her bir kritere göre farklı farklı değerlendirme yapılır. Değerlendirmeler sonucunda ise ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

İkili karşılaştırma yapılırken Saaty tarafından tavsiye edilen 1'den 9'a kadar ölçeklendirilen karşılaştırma ölçeği kullanılır.

Tablo 5. İkili Karşılaştırma Ölçeği

KARŞILAŞTIRMA ÖLÇEĞİ		
Önem Değeri	Değer Tanımı	Açıklama
1	Eşit Önemde	Her iki değerinde eşit öneme sahip
2	Zayıf	
3	Biraz Önemli	Bir kriter diğerine göre biraz daha fazla önemli
4	Makul Derecede	
5	Fazla Önemli	Bir kriter diğerine göre çok daha önemli
6	Güçlü artı	
7	Çok Fazla Önemli	Bir kriter diğer kriterlere göre kesinlikle çok daha fazla önemli
8	Çok Güçlü Artı	
9	Son Derece Önemli	Bir kriterin diğer kriterlere göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır.

4.Adım: İkili karşılaştırma matrislerine normalizasyon yapılması

İkili karşılaştırma matrisleri aşağıdaki Denklem (1) eşitliği kullanılarak her bir elemanı kendi sütun toplamına bölünerek normalize edilir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

5.Adım: Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması

Normalize matrisin her birinin sütun toplamı 1'e eşittir. Normalize matrisin aşağıdaki denklem 2 eşitliği kullanılarak her bir satır toplamı matrisin boyutuna bölünüp ortalaması alınarak kriter ağırlıkları bulunur.

$$W_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

6. Adım: Tutarlılık oranının hesaplanması

İkili karşılaştırma yapılırken kişilerin deneyim, beceri vb. olguları sonucunda verilen değerlendirmeler neticesinde değerlendirmelerin tutarlı olup olmadıkları bulunur. Tutarlılık indeksini hesaplayabilmek için ilk olarak özdeğer olarak adlandırılan λ_{max} değeri hesaplanmalıdır. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olması durumunda özdeğer vektörü

matrisin boyutuna eşit olmalıdır. Özdeğer vektörü aşağıdaki Denklem (3) eşitliğinden yararlanılarak hesaplanır.

$$\lambda_{max} = \left(\frac{1}{n}\right) \left[\frac{\sum_{j=1}^n a'_{ij} * W_j}{W_i} \right] \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

Tutarlılık indeksini hesaplamak için ise aşağıdaki Denklem (4) eşitliği uygulanır:

$$TI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Tutarlılık indeksini hesapladıktan sonra matrisler için random indeksi tablosundan matristeki n' e karşılık gelen random indeks değeri bulunur.

Tablo 6. Örneklem Sayısına Göre Random İndeksleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RRI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

Tutarlılık oranını bulmak için Denklem(5) eşitliği kullanılır.

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (5)$$

TO, tutarlılık oranı

TI, tutarlılık göstergesi (indeksi)

RI ise rassal indeksi

7.Adım: Kriter ağırlıklarının hesaplanması ve alternatiflerin sıralanması

Kriter ağırlıklandırılmasında uygulanan bu işlem adımları aynı şekilde alternatif sıralanmalarında da uygulanır. Kriterlerin ağırlıkları her bir kriter için mevcut olan alternatiflerin önem ağırlıkları ile matris çarpımı yaparak gerçekleştirilir. Daha sonra karar alternatifleri büyükten başlanarak sıralanır ve en büyük değere sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilir(Özbek 2017).

Yapılan çalışmada 9 kriter için Erzurum'da bulunan 40 otobüs hattının alternatif olarak sunulduğu hem işletmeci hem de kullanıcı görüşleri dikkate alınarak otobüs hatları kıyaslanmıştır.

TOPSİS yöntemi (İdeal çözüme benzerliğe göre sıra tercihi tekniği)

TOPSİS temelinde iki noktadan oluşan bir yöntemdir. Pozitif ideal çözümü ve negatif ideal çözümü olacak şekilde iki noktayla ifade edilir. TOPSİS yönteminde, en iyi alternatifler pozitif ideale en yakın ve negatif ideale en uzak olan bir sıralama yapılarak bulunur. (Özbek 2017).

TOPSIS yöntemi, takip eden aşağıdaki gibi altı işlem adımından oluşur:

1.Adım: Karar matrisi Denklem (6) ile oluşturulur.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada, i . alternatifteki niteliğin değeri olup; $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$.

2. Adım: Karar matrisine normalizasyon işleminin uygulanması;

Normalizasyon işlemi farklı yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada, Denklem (7) kullanılarak vektör normalizasyonu yapılmıştır.

$$r'_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (7)$$

3.Adım: Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisini hesaplanması.

Kriterlerin ağırlıkları (w_j) çeşitli kriter ağırlıklandırma yöntemleri ile belirlenmiştir. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi Denklem (8) ile hesaplanır.

$$v_{ij} = w_j * r'_{ij} \quad (8)$$

4.Adım: A^+ ve A^- nin hesaplanması.

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i v_{ij} | j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} | j \in J' \right) | i = 1, 2, \dots, m \right\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (9)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} | j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} | j \in J' \right) | i = 1, 2, \dots, m \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (10)$$

5.Adım: Ayrım kriterlerinin hesaplanması.

TOPSİS'teki her karar seçeneği için, iki ayırma ölçüsü vardır. Pozitif ideal ayırım ve negatif ideal ayırım. Öklid uzaklığı yaklaşım ayırma kriterlerini hesaplamak için kullanılır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (12)$$

6.Adım: Denklem (13) ile her alternatifin göreceli yakınlığını (RC) hesaplayın.

$$RC_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (13)$$

RC değeri, alternatiflerin göreceli üstünlüğünü yansıtır. Daha büyük RC i alternatifinin nispeten daha iyi olduğunu, daha küçük RC ise bu alternatifin nispeten daha kötü gösterir.

COPRAS yöntemi (Karmaşık oransal değerlendirme yöntemi)

COPRAS yöntemi kriterlerin önem ve fayda dereceleri açısından alternatifleri sıralamaktadır. Kriterlerin önem değerlendirmesine göre fayda kriterlerini üst seviyeye çıkarma fayda derecesi az olan kriterleri ise alt seviyeye indirme şeklinde değerlendirme imkânı sağlar (Podvesko 2011).

COPRAS yöntemi, takip eden aşağıdaki gibi yedi işlem adımından oluşur:

işlem adımları aşağıda verilmektedir.

$A_i = i$. Alternatif $i = 1, 2, \dots, m$

$C_j = j$. değerlendirme kriteri $j = 1, 2, \dots, n$

$W_j = j$. değerlendirme kriteri önem seviyesi $j = 1, 2, \dots, n$

$X_{ij} = j$. Değerlendirme kriteri açısından i . alternatifin değerini gösterir.

1. Adım: Karar matrisi Denklem (14) ile oluşturulur.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

2. Adım: Karar matrisinin normalizasyonu

Karar matrisi eşitlik (15) yardımıyla normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

3. Adım: Karar matrisinin ağırlıklandırılması

İkinci adımda normalize olmuş karar matrisinin sütunlarının kriterlere verilen w_j ağırlık değerleri ile çarpılması sonucunda tespit edilir ve eşitlik (16)'daki denklem yardımıyla bulunur.

$$D' = d_{ij} = x_{ij}^* \cdot w_j \quad (16)$$

4. Adım: Faydalı ve faydasız ölçütlerin hesaplanması

Faydalı ölçütler beklenenin gerçekleşmesi için daha büyük değerlerin daha iyi olduğu durumları ifade ederken faydasız ölçütler ise beklenenin gerçekleşmesi için daha küçük değerlerin daha iyi olduğu durumları ifade eder.

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, k \quad \text{faydalı ölçütler} \quad (17)$$

$$S_i^- = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad j = k + 1, k + 2, \dots, n \quad \text{faydasız ölçütler} \quad (18)$$

5. Adım: Göreceli önem değerinin tespit edilmesi

Her bir alternatif için göreceli önem değeri ve eşitlik (19) yardımıyla tespit edilir. En büyük değer çıkan alternatif en iyi alternatif olarak bulunur.

$$Q_i = S_i^+ + \frac{S^- \cdot \min_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_i^-}} \quad (19)$$

6. Adım: En büyük göreceli önem değerinin tespit edilmesi

En büyük göreceli önem değeri ise (20) numaralı eşitlik ile tespit edilmektedir.

$$Q_{max} = \text{en büyük } \{Q_i\} \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

7. Adım: Alternatifler için P_i değerlerinin hesaplanır.

Her bir alternatif için eşitlik (21) yardımıyla P_i değerleri hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100\% \quad (21)$$

Alternatiflerin sıralaması P_i değerlerinin sıralamaları ise büyükten başlanıp küçük değere doğru yapılır.

WASPAS yöntemi (Ağırlıklı birleşik toplu çarpım değerlendirme)

WASPAS iki farklı modelin (Ağırlıklı toplam modeli ve ağırlıklı çarpım modeli) sonuçlarının birbirine entegre edildiği bir yöntemdir. Sonuçlarının birleşimiyle hesaplanan optimallik kriterinin değerine göre alternatifler sıralanır. Bu yöntem ayrıca duyarlılık analizini kendi içinde yaparak alternatiflerin sıralamalarının tutarlılığını kontrol etme imkanı da sunmaktadır (Chakraborty and Zavadskas 2014).

WASPAS yöntemi, takip eden aşağıdaki gibi beş işlem adımından oluşur:

1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisi eşitlik (22) yardımıyla hesaplanır.

$$[X] = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (22)$$

X_{ij} $i=1,2, \dots, m, j=1,2, \dots, n$ olarak simgelenir.

2. Adım: Normalizasyon işleminin karar matrisine uygulanması

Maliyet normalizasyonu, eşitlik (23) yardımıyla hesaplanır.

$$x_{ij}^* = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (23)$$

Fayda normalizasyonu, eşitlik (24) yardımıyla hesaplanır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (24)$$

3.Adım:Ağırlıklı toplam modeline göre performans hesaplaması

Ağırlıklı toplam modeline göre seçeneklerin performansı her kritere göre ağırlıklandırılmış seçenek değerlerinin toplamı olacak şekilde bulunmuştur. Bu durum eşitlik (25) yardımıyla hesaplanır.

$$P_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n x_{ij}^* \times w_j \quad (25)$$

4.Adım:Ağırlıklı çarpım modeline göre performans hesaplaması

Ağırlıklı çarpım modeline göre performansı, her bir kriter için seçenek değerinin aynı indisle kriter ağırlığı ile çarpımı alınarak tespit edilir. Bu durum eşitlik (26) yardımıyla hesaplanır.

$$P_i^{(2)} = \prod_{j=1}^m (x_{ij}^*)^{w_j} \quad (26)$$

5.Adım: Seçeneklerin genel performansı hesaplanması

Seçeneklerin genel performans sıralamaları (P_i), Eşitlik (25) ve (26) 'ya göre hesaplanan görel performanslarını toplanmasıyla bulunur.

Eşitlik (27) yardımıyla hesaplanır.

$$P_i = \alpha P_i^{(1)} + (1 - \alpha) P_i^{(2)} \quad (27)$$

Eşitlik (27) deki α , $0 < \alpha < 1$ arasındadır. Sıralama doğruluğunu etkinliğini ve artırmak için kullanılabilir.

WASPAS yönteminde $\alpha = 0$ ise ağırlık toplam modeline eğer $\alpha = 1$ ise ağırlıklı çarpım modeline dönüşür. α genellikle 0,5 alınır.

Seçeneklerin sıralanması ise P_i nihai performansı büyükten başlanarak sıralanır. İlk sıradaki alternatif en iyi, son sıradaki alternatif ise en kötü alternatif olarak tespit edilir.

MOORA-önem katsayısı yaklaşımı

Gerçek hayatta çok nadir problemlerde kriter ağırlıkları karar verici için eşit öneme sahiptir. Bu yöntemde MOORA-Oran yöntemiyle elde edilen normalize veriler kullanılmaktadır. Seçeneklerin performans değerleri ise eşitlik (28)'e göre hesaplanır.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (28)$$

Seçeneklerin sıralaması ise y_i^* değerlerini büyükten küçüğe göre sıralayarak yapılır. Birinci sıradaki seçenek en ideal seçenek olarak tespit edilir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Hat Güzergahları

Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığından veriler elde edilmiştir. Elde edilen verilerde 40 otobüs hattının 34 tanesi kent merkezli güzergaha sahip 6 tanesi ise (K11 K12 K13 K14 K15 K16) merkeze bağlı mahallelere giden güzergaha sahip hatlar olduğu görülmektedir.

Erzurum kent içi bütün otobüs hatlarının Google Earth programı ile oluşturulmuş güzergâh çizimleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 8. Erzurum otobüs hat güzergâhları

Erzurum'da hizmet veren otobüs hatları ve gidiş-geliş güzergahları Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 7. Erzurum Otobüs Hat Güzergahları

Hatlar	Güzergahlar
B1 Gidiş	Ilıca Sevk İdare - Ilıca-Hizmet İçi Eğitim - Sebze Hali - Aziziye Belediyesi Stadyum - Atatürk Üniversitesi – Belediye - Kolordu Komutanlığı – TRT Eğitim Fakültesi - Yoncalık
B1 Dönüş	Yoncalık - Menderes Cad. – Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad.-Belediye - Üni. Kavşağı – Stadyum - Aziziye Belediyesi - Sebze Hali - Hizmet İçi Eğitim – Ilıca - Ilıca Sevk İdare
B2 Gidiş	Dadaşkent Sevk İdare - Emirşeyh Cad. – Tarıktar - Bölge İdare Mahkemesi Stadyum - Üni.Kavşağı – Belediye – Havuzbaşı - Gez Mahallesi - Gürcükapı Tebrizkapı - Yeşil Yakutiye - Karayolları – Yoncalık.
B2 Dönüş	Yoncalık - Tebrizkapı - Cedit Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Belediye - Üni. Kavşağı - Stadyum - Bölge İdare Mahkemesi - Tarıktar - Emirşeyh Cad. - Dadaşkent Sevk İdare
B2/A Gidiş	Dadaşkent Sevk İdare - Engelsiz Yaşam - Emirşeyh Cad. - Olimpiyat Köprüsü İ.Hakkı Yurdu – ETÜ - MNG AVM – Belediye – Cumhuriyet Cad. - Tebrizkapı
B2/A Dönüş	Tebrizkapı - Cedit - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad.– Belediye MNG AVM – ETÜ - İ.Hakkı Yurdu - Olimpiyat Köprüsü - Emirşeyh Cad. Engelsiz Yaşam - Dadaşkent Sevk İdare
B3 Gidiş	Dadaşkent Sevk İdare - Milli Egemenlik Cad. - Aziziye Belediyesi - Stadyum Üni.Kavşağı – Belediye – Havuzbaşı – Gez - Gürcükapı - Menderes Cad. - Yoncalık - Yeşil Yakutiye - D100 Karayolları - Eğitim Fakültesi -Yoncalık
B3 Dönüş	Yoncalık - Menderes Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Belediye - Üni. Kavşağı - Stadyum - Aziziye Belediyesi - Tarıktar - Milli Egemenlik Cad. - Dadaşkent Sevk İdare
B4 Gidiş	İstasyon – Gürcükapı - Kongre cad. – Mahallebaşı – Karayolları – TRT – Köşk - Kombina - Ilıca - TRT - Üni. Kavşağı – Stadyum – Ilıca - Kombina
B4 Dönüş	Kombina - Ilıca - Stadyum – TRT – Köşk – Karayolları - Mahallebaşı - Kongre Cad. - Bankalar – Gürcükapı - İstasyon
B5 Gidiş	İstasyon - Yoncalık - Menderes Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Belediye - Üni. Kavşağı - Stadyum - Milli Egemenlik Cad. - Yarımca Mah. - Tınazlı Mah. - Adaçay Mah. - Söğütlü Mahallesi
B5 Dönüş	Söğütlü Mahallesi - Adaçay Mah. - Tınazlı Mah. - Yarımca Mah. - Milli Egemenlik Cad. - Bölge İdare Mahkemesi - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Belediye - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Menderes Cad. - Yoncalık - İstasyon
B7 Gidiş	Ilıca Sevk İdare - Hizmet İçi Eğitim - Sebze Hali - Aziziye Belediyesi - Milli Egemenlik Cad. - İhsan Doğramacı Bulvarı - 112 Acil - Şehir Hastanesi - Alparslan Türkeş Bulvarı - Yenişehir Alt Yol - Forum AVM - Buhara Hastanesi - TRT - Valilik - Şehir Hastanesi
B7 Dönüş	Şehir Hastanesi - 112 Acil - Prof. İhsan Doğramacı Bulvarı - Milli Egemenlik Cad. - Aziziye Belediyesi - Sebze Hali - Hizmet İçi Eğitim - Ilıca - Ilıca Sevk İdare
B8 Gidiş	Ilıca Sevk İdare - Ilıca - Nurettin Topçu Yurdu - Milli Egemenlik Caddesi - Prof. Dr. İhsan Doğramacı Bulvarı - Atatürk Üniversitesi - Stadyum - Büyükşehir Belediyesi - Havuzbaşı - Cumhuriyet Caddesi - Tebrizkapı
B8 Dönüş	Tebrizkapı - KUDAKA - Havuzbaşı - Büyükşehir Belediyesi - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Prof. Dr. İhsan Doğramacı Bul. - Milli Egemenlik Cad. - Nurettin Topçu Yurdu - Ilıca - Ilıca Sevk İdare

Tablo 7. (devamı)

D1 Gidiş	Yıldızkent Sevk İdare - Zirve TOKİ - Millet Cami - Rabia Hatun Yurdu - Şehir Hastanesi - Paşalar - Havuzbaşı - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Kongre Cad. - Mahallebaşı - Asri Mezarlık - Maksut Efendi Mahallesi - Şehitler Mahallesi
D1 Dönüş	Şehitler Mahallesi - Maksut Efendi Mahallesi - Asri Mezarlık - Mahallebaşı - Kongre Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Kolordu Komutanlığı - Valilik - Üniversite - Şehir Hastanesi - Rabia Hatun Yurdu - Millet Cami - Zirve TOKİ
D2 Gidiş	İstasyon - Gürcükapı - Kongre Cad. - Mahallebaşı - Tebrizkapı Taşambarları - Yoncalık Karayolları - Pasinler Yolu - Canlı Hayvan Pazarı
D2 Dönüş	Canlı Hayvan Pazarı - Pasinler Yolu - Karayolları - Yoncalık - Taşambarları - Tebrizkapı - Mahallebaşı - Kongre Cad. - Gürcükapı - İstasyon
G1 Gidiş	Kayakyolu Sevk İdare - Ulaş Cad. - Uygulama Otel - Yunus Emre Mahallesi - Kazım Yurdalan Mahallesi - Eğitim Fakültesi - Yoncalık - Tebrizkapı - Cumhuriyet Cad. - Menderes Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Belediye - Üniversite Kavşağı - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Edebiyat Fakültesi - Eski Yurtlar
G1 Dönüş	Eski Yurtlar - Belediye - Postane - Cumhuriyet Cad. - Yoncalık - Eğitim Fakültesi - Karayolları - Kazım Yurdalan Mahallesi - Yunus Emre Mahallesi - Uygulama Otel - Ulaş Cad. - Kayakyolu Sevk İdare
G2 Gidiş	Kayakyolu Sevk İdare - Yukarı Mezarlık - Emniyet Toki - Karskapı - Mahallebaşı - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Paşalar Cad. - Çat Yolu - Şehir Hastanesi
G2 Dönüş	Şehir Hastanesi - Rabia Hatun Yurdu - Çat Yolu Caddesi - Paşalar Caddesi - Havuzbaşı - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Kongre Cad. - Mahallebaşı - Karskapı - Emniyet TOKİ - Su Deposu - A.Gazi Mezarlık - Kayakyolu Sevk İdare
G3 Gidiş	Kayakyolu Sevk İdare - Polis Okulu - Gazino Kavşağı - Yenişehir Alt Yol - Telsizler - Bölge Eğitim Hastanesi - Atatürk Üniversitesi - Belediye - Havuzbaşı - Saraybosna Cad. - Recep Akdağ Bulvarı - Tebrizkapı
G3 Dönüş	Tebrizkapı - Cedid Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Belediye - Üni. Kavşağı - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Şehir Hastanesi - Telsizler - Yenişehir Alt Yol - Mevlâna Cad. - Polis Okulu - Kayakyolu Sevk İdare
G4 Gidiş	Dadaşkent Sevk İdare - Milli Egemenlik Cad. - Aziziye Belediyesi - Olimpiyat Köprüsü - ETÜ - MNG AVM - Üni. Kavşağı - Stadyum - Atatürk Üniversitesi Edebiyat
G4 Dönüş	Üst Kayakyolu - Yunus Emre Mahallesi - Kazım Yurdalan - Uygulama Otel - Alt Kayakyolu - Yıldızkent Üst Yol - Millet Cami - Rabia Hatun Yurdu - Şehir Hastanesi - Atatürk Üniversitesi - Havalimanı Yolu - MNG AVM - ETÜ - İ.Hakkı Yurdu - Aziziye Belediyesi - Milli Egemenlik Cad. - Tarıktar Dadaşkent Sevk İdare
G4/A Gidiş	İstasyon - 50.yıl cad. - Mahallebaşı - Emniyet TOKİ - Kazım Yurdalan Mahallesi - Yunus Emre Mahallesi - Kayakyolu - Polis Okulu - Mevlâna Cad. Forum AVM - Yenişehir Alt Yol - Şehir Hastanesi - Atatürk Üniversitesi - MNG AVM - Havalimanı Yolu - Erzurum Teknik Üniversitesi
G4/A Dönüş	Erzurum Teknik Üniversitesi - MNG AVM - Üniversite Kavşağı - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Şehir Hastanesi - Osmangazi Sağlık Ocağı - Ulaşım Daire Başkanlığı - 10 Katlılar - Yenişehir Alt Yol - Forum AVM - Mevlâna Cad. - Polis Okulu - Kayakyolu - Yunus Emre Mahallesi - Kazım Yurdalan Mahallesi - Emniyet TOKİ - Mahallebaşı - Libya cad. - İstasyon
G5 Gidiş	Kayakyolu Sevk İdare - Kayakyolu - Polis Okulu - Gün Sazak Kavşağı - Köşk TRT - Maliye - Belediye - İl Kültür Ve Turizm Müdürlüğü - Havuzbaşı Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Tebrizkapı - Prof. Recep Akdağ Bulvarı - Yoncalık

Tablo 7. (devamı)

G5 Dönüş	Yoncalık - Tebrizkapı - Cedit Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Kolordu Komutanlığı - TRT - Köşk - Polis Okulu - Kayakyolu Kayakyolu Sevk İdare
G6 Gidiş	Mezarlık Sevk İdare - Emniyet TOKİ - Yoncalık - Tebrizkapı - Cedit Cad. Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Kolordu Komutanlığı - TRT - Forum AVM -Mevlana Cad. - Polis Okulu - Yıldızkent Üst Yol – Ulaşım Daire Başkanlığı - Şehit Murat Ellik Caddesi - Çat Yolu TOKİ
G6 Dönüş	Çat Yolu TOKİ - 112 Acil - Osman Gazi Sağlık Ocağı - Yıldızkent Üst Yol Polis Okulu - Mevlana Cad. - Forum AVM - TRT - Maliye - Belediye Havuzbaşı - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Yoncalık Karayolları - Emniyet TOKİ - Mezarlık Sevk İdare
G7 Gidiş	Yıldızkent Sevk İdare - Zirve TOKİ - Yıldızkent - Yenişehir Alt Yol - Forum AVM - TRT - Maliye - Belediye - Havuzbaşı - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Taşhan - Bat Pazarı - Tebrizkapı - Yeşil Yakutiye - Emniyet TOKİ
G7 Dönüş	Emniyet TOKİ - Yeşil Yakutiye - Tebrizkapı - Cedit Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Kolordu Komutanlığı - TRT - Köşk - Forum AVM - Yenişehir Alt Yol - Yıldızkent Sevk İdare
G7/A Gidiş	Yıldızkent Sevk İdare - Zirve TOKİ - Yıldızkent - Yenişehir Alt Yol - Forum AVM - Buhara Hastanesi - Yoncalık - Cumhuriyet Cad. - KUDAKA - Hastaneler Cad. - İstanbul Kapı - Kurt Deresi - MNG AVM - Erzurum Teknik Üniversitesi
G7/A Dönüş	Erzurum Teknik Üniversitesi - MNG AVM - Terminal Mahallesi İstanbulkapı - Hastaneler Cad. - Postane - Cumhuriyet Cad. - Yoncalık Eğitim Fakültesi - Yenişehir Alt Yol - Yıldızkent - Yıldızkent Sevk İdare
G8 Gidiş	İstasyon - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Kolordu Komutanlığı - Paşalar Cad. - Çat Yolu - Telsizler – Alparslan TÜRKES Bulvarı - Şehir Hastanesi Kavşağı - Tepeköy - Dutçu
G8 Dönüş	Dutçu - Şehir Hastanesi Kavşağı - Alparslan Türkeş Bulvarı - Yenişehir Alt Yol - Telsizler - Çat Yolu - Paşalar Cad. - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı - İstasyon
G9 Gidiş	Hilalkent Sevk İdare - Sanayi Endüstri Cad. - Kongre Cad. - Gürcükapı Cami - Menderes Cad. - Yoncalık - Eğitim Fakültesi - Forum AVM - Yenişehir Alt Yol - Alparslan Türkeş Bulvarı - Şehir Hastanesi
G9 Dönüş	Hilalkent Sevk İdare - Sanayi Endüstri Cad. - Kongre Cad. - Gürcükapı Cami - Menderes Cad. - Yoncalık - Eğitim Fakültesi - Forum AVM - Yenişehir Alt Yol - Alparslan Türkeş Bulvarı - Şehir Hastanesi
G10 Gidiş	Kayakyolu Sevk İdare - Küme Evler - Yunus Emre Mahallesi - Kazım Yurdalan Mahallesi - Mahallebaşı - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Paşalar Cad - Çat Yolu - Şehir Hastanesi
G10 Dönüş	Kayakyolu Sevk İdare - Küme Evler - Yunus Emre Mahallesi - Kazım Yurdalan Mahallesi - Mahallebaşı - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Paşalar Cad - Çat Yolu - Şehir Hastanesi
G11 Gidiş	İstasyon - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Paşalar Cad. - TRT - Köşk - Polis Okulu - Palandöken
G11 Dönüş	Palandöken - Polis Okulu - Yoncalık - Menderes Cad. - Gürcükapı – İstasyon
G12 Gidiş	İstasyon - Yoncalık - Saraybosna Cad. - Çat Yolu - Şehir Hastanesi - Özel Harekât - Çat Yolu - Börekli Mahallesi - Teke Deresi Mahallesi - Konaklı Mahallesi - Konaklı

Tablo 7. (devamı)

G12 Dönüş	Konaklı - Konaklı Mahallesi - Teke Deresi - Börekli Mahallesi - Özel Harekât Çat Yolu - Şehir Hastanesi - Paşalar Cad. - Havuzbaşı - Polisevi - Saraybosna Cad. - Yoncalık - İstasyon
K1 Gidiş	Dadaşköy - A. İzzetbegoviç Cad. - Doğu Tv - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Paşalar Cad. - Valilik - Çat Yolu - Şehir Hastanesi
K1 Dönüş	Şehir Hastanesi - Alparslan Türkeş Bulvarı - Millet Cami - Rabia Hatun Yurdu Çat Yolu - TRT - Köşk - Yoncalık - Menderes Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Doğu Tv - Aliya İzzetbegoviç Cad. - Dadaşköy
K2 Gidiş	Şih Köyü - Şükrüpaşa Beşevler - Kongre Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Kolordu Komutanlığı - Paşalar Cad. - Valilik Çat Yolu - Şehir Hastanesi - Osmangazi Sağlık Ocağı - Yunus Emre Bulvarı - Zirve TOKİ - Yıldızkent Eski Sevk İdare
K2 Dönüş	Yıldızkent Eski Sevk İdare - Alparslan Türkeş Bulvarı - Şehir Hastanesi - Atatürk Üniversitesi - Belediye - Havuzbaşı - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi Gürcükapı - Kongre Cad. - Şükrüpaşa Beşevler - Şih Köyü
K3 Gidiş	Hilalkent Sevk İdare - Sanayi Endüstri Cad. - Şükrüpaşa Beşevler - Kongre Cad. - Bankalar - Menderes Caddesi - Cumhuriyet Caddesi - Havuzbaşı Belediye - Üniversite Kavşağı - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Yeni Yurtlar Eski Yurtlar
K3 Dönüş	Eski Yurtlar - İmam Hatip - TRT - Köşk - Yoncalık - Menderes Cad. - Bankalar - Kongre Cad. - Şükrüpaşa Beşevler - Sanayi Endüstri Cad. Hilalkent Sevk İdare
K4 Gidiş	Mezarlık Sevk İdare - Emniyet TOKİ - Karayolları - Yoncalık - Menderes Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Belediye Havalimanı Yolu - MNG AVM - Erzurum Teknik Üniversitesi - Otogar
K4 Dönüş	Otogar - Erzurum Teknik Üniversitesi - MNG AVM - Belediye - İl Kültür Ve Turizm Müdürlüğü - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı Menderes Caddesi - Yoncalık - Eğitim Fakültesi - Karayolları - Emniyet TOKİ - Mezarlık Sevk İdare
K6 Gidiş	Yıldızkent Sevk İdare - Zirve TOKİ-Şehit Murat ELLİK Caddesi - Harput Kapı Okulu - Şehir Hastanesi - Çat Yolu - Paşalar Caddesi - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Kongre Cad. - Mahallebaşı - Kavak Mahallesi - Dağ Mahallesi
K6 Dönüş	Dağ Mahallesi - Bloklar - Libya Caddesi -Mahallebaşı - Kongre Caddesi Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Paşalar Cad. - Valilik - Çat Yolu - Şehir Hastanesi - Harput Okulu - Şehit Murat ELLİK Caddesi - Zirve TOKİ - Yıldızkent Sevk İdare
K7 Gidiş	Hilalkent Sevk İdare - Sanayi Endüstri Cad. - Necmettin Erbakan Lisesi - Edip Somunoğlu - Şükrüpaşa - Çaykur Cad. - Orman Müdürlüğü - Kurt Deresi - Gez Mahallesi - Gürcükapı - Cumhuriyet Cad. - KUDAKA - Belediye - Üni. Kavşağı - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Şehir Hastanesi - Çat Yolu TOKİ
K7 Dönüş	Çat Yolu TOKİ - Şehir Hastanesi - Atatürk Üniversitesi - Belediye - Havuzbaşı - Postane - Cumhuriyet Cad. - Tebrizkapı - Menderes Cad. - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Kurt Deresi - Orman Müdürlüğü - Çaykur Cad. - Şükrüpaşa - Necmettin Erbakan Lisesi - Edip Somunoğlu - Sanayi Endüstri Cad. - Hilalkent - Hilalkent Sevk İdare
K7/A Gidiş	Hilalkent Sevk İdare - Sanayi Endüstri Cad. - Edip Somunoğlu - Prof. Dr. Necmettin Erbakan Lisesi - Şükrüpaşa - Çaykur Cad. - Doğu Tv - Hastaneler Cad. - Paşalar Cad. - TRT - Forum AVM - Yenişehir Alt Yol - Şehir Hastanesi - Polis Özel Harekat - Çat Yolu TOKİ
K7/A Dönüş	Çat Yolu TOKİ - Şehir Hastanesi - Osman Gazi Sağlık Ocağı - Yenişehir Alt Yol - Forum AVM - Buhara Hastanesi - Yoncalık - Cumhuriyet Cad. KUDAKA - Doğu Tv - Çaykur Cad. -Şükrüpaşa - Necmettin Erbakan Lisesi - Edip Somunoğlu - Sanayi - Hilalkent - Hilalkent Sevk İdare

Tablo 7. (devamı)

K8 Gidiş	Dumlu Mahallesi - Tortum Yolu - Sanayi - 50.Yıl Cad. - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Belediye - Üni. Kavşağı - Stadyum - Atatürk Üniversitesi - Şehir Hastanesi
K8 Dönüş	Şehir Hastanesi - Çat Yolu - TRT - Köşk - Yoncalık - Gürcükapı Cami - Kongre Cad. - Sanayi Sitesi - Tortum Yolu - Dumlu Mahallesi
K9 Gidiş	İstasyon - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Kurt Deresi - MNG AVM - Havalimanı Yolu - Çiftlik Mahallesi
K9 Dönüş	Çiftlik Mahallesi - MNG AVM - Belediye - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi Gürcükapı - İstasyon
K10 Gidiş	Hilalkent Sevk İdare - Tortum Yolu - Edip Somunoğlu - Şükrüpaşa - Çaykur Cad. - Doğu Tv - Hastaneler Cad. - Belediye - Havalimanı Yolu - MNG AVM Erzurum Teknik Üniversitesi
K10 Dönüş	Erzurum Teknik Üniversitesi - MNG AVM - Belediye - Havuzbaşı - Hastaneler Cad. - Doğu Tv - Çaykur Cad. - Şükrüpaşa - Edip Somunoğlu - Tortum Yolu - Hilalkent Sevk İdare
K11 Gidiş	İstasyon - Gürcükapı - Gez Mahallesi - Hastaneler Cad. - Kolordu Komutanlığı - Paşalar Cad. - TRT - Köşk - Karayolları - Karskapı - Libya Cad. Sanayi - Tortum Yolu - 2.Organize Sanayi - Tekstilkent.
K11 Dönüş	Tekstilkent - 2.Organize Sanayi - Tortum Yolu - Sanayi - Libya Cad. - Karskapı - Karayolları - Köşk - TRT - Paşalar Cad. - Hastaneler Cad. - Gez Mahallesi - Gürcükapı - İstasyon
K12	İstasyon-Çayırtepe- Kösemehmet
K13	İstasyon-Güzelova
K14	İstasyon-Muratgeldi-Kırmızıtaş-Gülpınarı-Akdağ
K15	İstasyon-Söğütyanı-Kırgöze-Gökçeyamaç-Köşkköy
K16	İstasyon-Yeşildere-Güngörmez-Karagöbek-Şenyurt Güzelyayla

AHP Yöntemi Çözümleri**İkili karşılaştırma matrisinin yapılması**

Literatürde yapılan çalışmalar ve hat işletmecileri, kullanıcıları dikkate alınarak 9 tane ana kriter belirlenmiştir. Kriterlerin kullanıcı bakış açısıyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Kullanıcı Bakış Açısıyla Oluşturulan İkili Karşılaştırma Matris

	Güzergâh Uzunlukları	Durak Sayısı	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Sefer Aralığı	Sefer Süresi	Günde Toplam Km	Hizmet Verilen Süresi	Yolcu Sayısı
Güzergâh Uzunlukları	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	0,20	0,33	0,20	3,00
Durak Sayısı	3,00	1,00	0,20	0,20	0,11	0,33	3,00	0,33	7,00
Araç Sayısı	5,00	5,00	1,00	3,00	0,33	5,00	5,00	3,00	7,00

Tablo 8. (devamı)

Sefer Sayısı	7,00	5,00	0,33	1,00	0,33	3,00	7,00	3,00	7,00
Sefer Aralığı	9,00	9,00	3,00	3,00	1,00	3,00	9,00	3,00	9,00
Sefer Süresi	5,00	3,00	0,20	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	9,00
Günde Toplam Km	3,00	0,33	0,20	0,14	0,11	0,33	1,00	0,33	3,00
Hizmet Verilen Süresi	5,00	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33	3,00	1,00	7,00
Yolcu Sayısı	0,33	0,14	0,14	0,14	0,11	0,11	0,33	0,14	1,00
Toplam	38,333	26,80952	5,60952	8,295238	2,7778	13,31111	31,67	14,01	53

Kullanıcı bakış açısına göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrisini tutarlılık indeksi 0,092 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksinin 0.1 den küçük çıkması matrisimizin tutarlı olduğu göstermektedir.

Kriterlerin işletmeci bakış açısıyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. İşletmeci Bakış Açısıyla Oluşturulan İkili Karşılaştırma Matrisi

	Güzergâh Uzunluklar	Durak Sayısı	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Sefer Aralığı	Sefer Süresi	Günde Toplam Km	Hizmet Verilen Süre	Yolcu Sayısı
Güzergâh Uzunlukları	1,0	0,33	0,14	0,14	0,33	0,14	0,33	0,20	0,11
Durak Sayısı	3,00	1,00	0,14	0,11	0,33	0,33	0,33	0,33	0,11
Araç Sayısı	7,00	7,00	1,00	0,20	3,00	5,00	3,00	3,00	0,33
Sefer Sayısı	5,00	9,00	5,00	1,00	7,00	7,00	5,00	5,00	0,33
Sefer Aralığı	3,00	3,00	0,33	0,14	1,00	0,33	0,33	0,33	0,11
Sefer Süresi	7,00	3,00	0,20	0,14	3,00	1,00	3,00	0,33	0,20
Günde Toplam Km	3,00	3,00	0,33	0,20	3,00	0,33	1,00	0,33	0,14
Hizmet Verilen Süre	5,00	3,00	0,33	0,20	3,00	3,00	3,00	1,00	0,20
Yolcu Sayısı	9,00	9,00	3,00	3,00	9,00	5,00	7,00	5,00	1,00
Toplam	43,00	38,33	10,49	5,14	29,67	22,14	23,00	15,53	2,54

İşletmeci bakış açısına göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrisini tutarlılık indeksi 0,095 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksinin 0.1 den küçük çıkması matrisimizin tutarlı olduğu göstermektedir.

Kullanıcı-İşletmeci bakış açısına göre ayrı ayrı oluşturulan matrisler tutarlı olup kriterlerin önem katsayıları hesaplanmış Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. Kullanıcı-İşletmeci Bakış Açısına Göre Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Kriterler	Kullanıcı Açısından Önem Katsayıları	İşletmeci Açısından Önem Katsayıları
Güzergâh uzunluğu	0,02531	0,01801
Durak sayısı	0,05455	0,02634
Araç sayısı	0,20629	0,14014
Sefer sayısı	0,16241	0,24943
Sefer aralığı	0,30228	0,03734
Sefer süresi	0,11022	0,07386
Günde toplam km	0,03562	0,05067
Hizmet verme süresi	0,08724	0,08615
Yolcu sayısı	0,01607	0,31806

Kullanıcı bakış açısına göre belirlenen kriterlerin önem ağırlıkları incelendiğinde kullanıcılar açısından en önemli kriterin sefer aralığı olduğu görülmektedir. İşletmeci bakış açısına göre belirlenen kriterlerin önem ağırlıkları incelendiğinde işletmeciler açısından en önemli kriterin yolcu sayısı olduğu görülmektedir.

Özçelik ve Eren (2019) yaptıkları toplu taşıma hizmetinin değerlendirilmesi çalışmasında şehir kullanımı, yolcu memnuniyeti ve ulaşım kriterlerini kullanmışlardır. AHP yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları sıralaması ulaşım, yolcu memnuniyeti, şehir kullanımı olarak tespit edilmiştir. Ulaşım kriteri en önemli ana kriter olurken en önemli alt kriteri ise yolculuk süresi olarak belirlenmiştir. Ayrıca yolcu memnuniyeti ana kriterinin alt kriterleri arasında ise en önemli alt kriter araç kapasitesi ve şehir kullanımı ana kriterinin alt kriterlerinden de en önemlisi yolların durumu olarak belirlenmiştir.

Karlı (2019) yaptığı çalışmada kullanıcılar için ücret tarifelerinden sonra en önemli kriterin sefer süresi olduğunu belirtmiştir.

Çavuşoğlu (2023) yaptığı çalışmada kullanıcı için en önemli kriterin sefer süresi ve hat gecikmesi kriteri işletmeci için yolcu sayısı kriteri olduğunu belirlemiştir.

Yapılan çalışmalarda gösteriyor ki kullanıcı için en önemli kriterin zamana bağlı kriterler olduğu işletmeci için ise yolcu sayısı olduğu görülmektedir.

TOPSİS Yöntemi Çözümleri

İdeal Çözüme Göre Yakınlık Hesabı

Kullanıcı bakış açısına göre hesaplanan ayırım ölçümleri ve sıralamalar Tablo 11' de verilmiştir.

Tablo 11. Kullanıcı Bakış Açısına Göre TOPSİS Yöntemi Ayırım Ölçümleri Ve Sıralama

	Si*		Si⁻		Ci*	SIRA	HAT
S1*	0,652	S1⁻	1,23030128	C1*	0,653614921	5	B1
S2*	0,468	S2⁻	1,310291343	C2*	0,736746435	3	B2
S3*	0,945	S3⁻	1,096881353	C3*	0,537175158	24	B2/A
S4*	0,466	S4⁻	1,310897731	C4*	0,737709487	2	B3
S5*	1,268	S5⁻	0,5253122721	C5*	0,2928650455	32	B4
S6*	1,269	S6⁻	0,5242819684	C6*	0,2924227978	33	B5
S7*	0,765	S7⁻	1,168734155	C7*	0,6044110002	10	B7
S8*	0,921	S8⁻	1,10381542	C8*	0,5452106848	23	B8
S9*	0,941	S9⁻	1,064360374	C9*	0,5306518236	25	D1
S10*	1,046	S10⁻	1,022309865	C10*	0,4941756001	28	D2
S11*	0,563	S11⁻	1,262954962	C11*	0,6916771189	4	G1
S12*	1,012	S12⁻	0,9850110949	C12*	0,4932064433	29	G2
S13*	0,900	S13⁻	1,09745974	C13*	0,5495189808	20	G3
S14*	0,657	S14⁻	1,209022748	C14*	0,6479133889	6	G4
S15*	0,888	S15⁻	1,08517688	C15*	0,5498582699	19	G4/A
S16*	0,681	S16⁻	1,229443847	C16*	0,6436948759	7	G5
S17*	0,849	S17⁻	1,141061521	C17*	0,5733563061	2	G6
S18*	0,896	S18⁻	1,101142874	C18*	0,5512100081	16	G7
S19*	0,706	S19⁻	1,191477197	C19*	0,6278599644	9	G7/A
S20*	1,054	S20⁻	0,9970126634	C20*	0,4859760204	30	G8
S21*	0,285	S21⁻	1,554591259	C21*	0,8451827558	1	G9
S22*	0,898	S22⁻	1,116391092	C22*	0,5541753339	13	G10
S23*	1,119	S23⁻	0,8092608603	C23*	0,4196730813	31	G11
S24*	1,411	S24⁻	0,3529831363	C24*	0,2000515995	35	G12
S25*	0,932	S25⁻	1,118325026	C25*	0,5452852775	22	K1
S26*	0,671	S26⁻	1,201049468	C26*	0,6414326343	8	K2
S27*	0,896	S27⁻	1,101703317	C27*	0,5515729472	14	K3
S28*	0,898	S28⁻	1,097900793	C28*	0,5500639217	18	K4
S29*	0,896	S29⁻	1,100688711	C29*	0,5511694179	17	K6
S30*	0,887	S30⁻	1,065642734	C30*	0,5456365893	21	K7

Tablo 11. (devamı)

S31*	0,877	S31⁻	1,07777012	C31*	0,5514092712	15	K7/A
S32*	0,956	S32⁻	1,043397619	C32*	0,5219776966	26	K8
S33*	1,044	S33⁻	1,040477941	C33*	0,4990774563	27	K9
S34*	0,834	S34⁻	1,161348611	C34*	0,5819607124	11	K10
S35*	1,411	S35⁻	0,3546371265	C35*	0,2008323923	34	K11
S36*	1,411	S36⁻	0,3492726933	C36*	0,1984039924	37	K12
S37*	1,411	S37⁻	0,3501782197	C37*	0,1988198924	36	K13
S38*	1,587	S38⁻	0,245876508	C38*	0,1341715811	39	K14
S39*	1,587	S39⁻	0,2467978632	C39*	0,1346057849	38	K15
S40*	1,587	S40⁻	0,2456008573	C40*	0,1340302673	40	K16

Tablo 11 incelendiğinde kullanıcı bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans G9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise K16 olduğu görülmektedir.

İşletmeci bakış açısına göre hesaplanan ayırım ölçümleri ve sıralamalar Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. İşletmeci Bakış Açısına Göre TOPSİS Yöntemi Ayırım Ölçümleri ve Sıralamalar

	Si*	Si-	Ci*	SIRA	HAT
S1*	1,277191528	0,9380878829	0,4234625566	4	B1
S2*	1,30040953	0,8916452289	0,4067622969	7	B2
S3*	1,926615237	0,7254305879	0,2735362191	30	B2/A
S4*	1,1858923	1,003550125	0,4583587645	2	B3
S5*	2,020684898	0,7392948137	0,2678624088	36	B4
S6*	2,005533121	0,7406525205	0,269702277	31	B5
S7*	1,284871976	0,9418572076	0,4229778883	5	B7
S8*	1,92616509	0,6750428195	0,2595112898	40	B8
S9*	1,801034451	0,78443895	0,3034024445	19	D1
S10*	1,966968521	0,8484031158	0,3013467581	20	D2
S11*	1,343815266	0,8558918885	0,3890935603	8	G1
S12*	1,947252284	0,7555972779	0,2795558024	26	G2
S13*	1,766982466	0,7259888677	0,2912142863	23	G3
S14*	1,286180652	0,9129316848	0,4151364483	6	G4
S15*	1,649310862	0,7226069295	0,3046509167	18	G4/A
S16*	1,522305557	0,7865515511	0,3406670548	10	G5
S17*	1,713828488	0,7192589646	0,2956157469	22	G6

Tablo 12. (devamı)

S18*	1,836394125	0,7107244976	0,2790307806	28	G7
S19*	1,561498309	0,7206579342	0,3157794021	13	G7/A
S20*	1,917006575	0,8908883633	0,3172798067	12	G8
S21*	0,7860971073	2,001615508	0,7180135775	1	G9
S22*	1,804208639	0,71672537	0,2843094533	24	G10
S23*	1,962563906	0,8602605235	0,3047516929	17	G11
S24*	2,006417378	0,7387657452	0,269113466	34	G12
S25*	1,792499777	0,8053298035	0,3100010138	16	K1
S26*	1,205470764	0,996319393	0,4525042451	3	K2
S27*	1,810236238	0,716624275	0,2836026252	25	K3
S28*	1,661050491	0,7663235496	0,3157006447	14	K4
S29*	1,847052526	0,7051657294	0,2762952298	29	K6
S30*	1,601336893	0,7506105481	0,3191442696	11	K7
S31*	1,513424862	0,8132957319	0,3495459377	9	K7/A
S32*	1,860033674	0,7216424288	0,2795247738	27	K8
S33*	1,945973356	0,8763479815	0,3105060964	15	K9
S34*	1,741455846	0,7337742765	0,2964468919	21	K10
S35*	2,005771863	0,7397634978	0,2694423494	33	K11
S36*	2,015752777	0,7395112048	0,2683994019	35	K12
S37*	2,007478812	0,7406208869	0,2695029177	32	K13
S38*	2,039827948	0,7358426149	0,2651044489	37	K14
S39*	2,04763562	0,7355086542	0,2642725571	38	K15
S40*	2,050247741	0,7348661329	0,2638549683	39	K16

Tablo 12 incelendiğinde işletmeci bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans G9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise B8 olduğu görülmektedir.

COPRAS Yöntemi Çözümleri

Kullanıcı bakış açısına göre performans değerleri Tablo 13' de verilmiştir.

Tablo 13. COPRAS Yönteminin Kullanıcı Bakış Açısına Göre Hesaplamaları

	S_{+i}	S_{-i}	S_{-min}	S_{-iTop}	S_{-min}/S_{-i}	$\frac{S_{-min}}{S_{-iTop}}$	Q_i	P_i	Sıra
B1	0,01714061	0,00933513	0,006237807148	0,5440	0,6682077	24,2816203	0,03211253	0,7418001	8
B2	0,02095592	0,00868031			0,7186149		0,03705727	0,8560237	4
B2/A	0,01000424	0,00766957			0,8133184		0,02822752	0,6520563	17
B3	0,02110381	0,00855791			0,7288933		0,03743545	0,8647598	3
B4	0,00566830	0,02350818			0,2653461		0,01161366	0,2682759	33
B5	0,00566830	0,02336833			0,2669342		0,01164925	0,2690979	32
B7	0,01390582	0,01011613			0,6166198		0,02772185	0,6403754	20
B8	0,00894271	0,00681417			0,9154162		0,02945360	0,6803789	11
D1	0,01096982	0,00851897			0,7322250		0,02737612	0,6323889	21
D2	0,00917724	0,00821026			0,7597571		0,02620042	0,6052303	24
G1	0,01827170	0,00767097			0,8131700		0,03649166	0,8429580	5
G2	0,00891277	0,01021945			0,6103853		0,02258911	0,5218090	30
G3	0,01109571	0,00887311			0,7030007		0,02684720	0,6201710	23
G4	0,01667895	0,01246447			0,5004470		0,02789201	0,6443060	19
G4/A	0,01068335	0,01159093			0,5381625		0,0227414	0,5253282	29
G5	0,01648880	0,00623780			1		0,03889488	0,8984725	2
G6	0,01218718	0,00830722			0,7508896		0,02901168	0,6701704	2
G7	0,01109571	0,00795464			0,7841718		0,02866593	0,6621836	14
G7/A	0,01496031	0,00798212			0,7814721		0,03247004	0,7500587	7
G8	0,01032769	0,00997918			0,6250820		0,02433332	0,5621003	6
G9	0,02907549	0,00983254			0,6344040		0,04329000	1	1

Tablo 13. (devamı)

G10	0,01109571	0,00825442	0,7556921	0,02802781	0,6474430	18
G11	0,00945669	0,01479364	0,4216546	0,01890431	0,4366901	31
G12	0,00566830	0,02849917	0,2188767	0,01057247	0,2442242	37
K1	0,01158202	0,00729749	0,8547869	0,03073444	0,7099663	10
K2	0,01555051	0,00886808	0,7033998	0,03131094	0,7232835	9
K3	0,01109571	0,00787336	0,7922670	0,02884731	0,6663735	13
K4	0,01124360	0,00886563	0,7035941	0,02700839	0,6238943	22
K6	0,01121895	0,00813813	0,7664905	0,02839300	0,6558789	16
K7	0,01067102	0,01156146	0,5395342	0,02275987	0,5257536	28
K7/A	0,01068335	0,01027037	0,6073592	0,02429189	0,5611432	27
K8	0,00947831	0,00913901	0,6825467	0,02477151	0,5722224	25
K9	0,00967852	0,00736437	0,8470248	0,02865703	0,6619780	15
K10	0,01270078	0,006430817699	0,9699866	0,03443438	0,7954350	6
K11	0,00566830	0,02824928	0,2208129	0,01061585	0,2452264	35
K12	0,00566830	0,02830377	0,2203877	0,01060632	0,2450063	36
K13	0,00566830	0,02815230	0,2215736	0,010632893	0,2456201531	34
K14	0,00516702	0,03528733	0,1767718		0,2108520	38
K15	0,005167023598	0,03532478	0,1765844282		0,2107550	39
K16	0,0051670	0,0354910	0,175757		0,21032	40

Tablo 13 incelendiğinde kullanıcı bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans G9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise K16 olduğu görülmektedir.

İşletmeci bakış açısına göre performans değerleri Tablo 14’te verilmiştir.



Tablo 14. COPRAS Yönteminin İşletmeci Bakış Açısına Göre Hesaplamaları

	S_{+i}	S_{-i}	S_{-min}	S_{-iTop}	S_{-min}/S_{-i}	$\frac{S_{-min}}{S_{-iTop}}$	Q_i	N_i	Sıra
B1	0,00597165	0,02050408	0,01047826	0,821514	0,5110329	23,235832	0,02403947	0,5734591	23
B2	0,00549561	0,02414063			0,4340509		0,02084168	0,4971763	29
B2/A	0,004604238	0,01306957			0,8017292		0,03294976	0,7860131495	5
B3	0,005650986	0,02401074			0,4363990		0,02108008312	0,5028632217	28
B4	0,002521526	0,02665496			0,3931074		0,01642002735	0,391698069	33
B5	0,002540839	0,02649579			0,3954689		0,01652283432	0,3941505188	32
B7	0,004957619	0,01906433			0,5496265		0,02438993019	0,5818192842	22
B8	0,002640016	0,01311687			0,7988385		0,03088333534	0,7367187983	8
D1	0,005752601	0,01373619			0,7628211		0,03272250834	0,7805920818	6
D2	0,006039344	0,01134816			0,9233442		0,03868462168	0,9228176843	2
G1	0,004913077	0,02102960			0,4982625		0,02252938919	0,5374362693	27
G2	0,004576921	0,01455530			0,7198929		0,03002908216	0,7163406762	12
G3	0,004809203	0,01515962			0,6911954		0,02924674865	0,6976781906	16
G4	0,004508192	0,02463523			0,4253364		0,01954616665	0,4662718016	30
G4/A	0,003494849	0,01877943			0,5579647		0,02322196003	0,5539574758	26
G5	0,006127732	0,01659887			0,6312634		0,02844635431	0,6785848657	18
G6	0,004880019	0,01561438			0,6710646		0,02860583215	0,6823891933	17
G7	0,004720466	0,01432989			0,7312173		0,03057300525	0,7293159058	10
G7/A	0,004599539	0,01834290			0,5712434		0,02479612621	0,5915090487	21
G8	0,007102275	0,01320459			0,7935315		0,03515796498	0,8386896501	4
G9	0,006492420	0,03241562			0,3232473		0,01792098503	0,4275032607	31
G10	0,004761877	0,01458826			0,7182665		0,03015653658	0,7193810884	11

Tablo 14. (devami)

G11	0,006546016	0,01770431	0,5918480	0,02747108634	0,6553199482	19
G12	0,002544667	0,03162281	0,3313513	0,01425975522	0,3401649989	37
K1	0,006261012	0,01261850	0,8303885	0,03561979836	0,8497066381	3
K2	0,004589447	0,01982914	0,5284273	0,0232722495	0,5551571259	25
K3	0,004753525657	0,01421555	0,7370985	0,03081399929	0,735064794	9
K4	0,004943701	0,01516553	0,6909261	0,02937172558	0,7006595025	15
K6	0,004707417	0,01464967	0,7152556	0,02999562273	0,7155425051	13
K7	0,003556443	0,01867604	0,5610535	0,0233927603	0,5580318986	24
K7/A	0,003666929	0,01728679	0,6061425	0,02509739209	0,5986957152	20
K8	0,004195003	0,01442233	0,7265304	0,02988183721	0,7128281632	14
K9	0,006564633	0,01047826	1	0,04192011309	1	1
K10	0,005336928	0,01379467	0,7595875	0,03219250992	0,7679490237	7
K11	0,002545363	0,03137221	0,3339981	0,01435402888	0,3424138873	35
K12	0,002532487	0,03143959	0,3332824	0,01431584791	0,3415030842	36
K13	0,002543101623	0,03127750231	0,3350096017	0,01438752677	0,3432129761	34
K14	0,002020596577	0,03843376454	0,2726317267	0,01165962204	0,2781390884	38
K15	0,002010504925	0,03848130474	0,2722949147	0,01163762223	0,2776142853	39
K16	0,002007199039	0,03865083535	0,2711005725	0,01159208981	0,2765281139	40

Tablo 14 incelendiğinde işletmeci bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans K9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise K16 olduğu görülmektedir.

WASPAS Yöntemi Çözümleri

Kullanıcı bakış açısına göre hatların nihai performanslarının belirlenmesi ve sıralaması Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15. Kullanıcı Bakış Açısına Göre WASPAS Yöntemi İle Hatların Performansları Ve Sıralaması

HATLAR	Pi	SIRALAMA
B1	0,4393433477	4
B2	0,4692640364	3
B2/A	0,2749659124	14
B3	0,4744066603	2
B4	0,1429690237	37
B5	0,1453351472	36
B7	0,3431562789	7
B8	0,2682746729	16
D1	0,2625635791	17
D2	0,2463693586	24
G1	0,3550813467	6
G2	0,2146518947	30
G3	0,2485584952	23
G4	0,2894960761	12
G4/A	0,2185384367	29
G5	0,371088641	5
G6	0,2726690702	15
G7	0,2556599575	19
G7/A	0,305094424	9
G8	0,2458144562	25
G9	0,4879339161	1
G10	0,2570967656	18
G11	0,2219400364	28
G12	0,1683759977	33
K1	0,2772149096	13
K2	0,2986625062	10
K3	0,2550389586	21

Tablo 15. (devamı)

K4	0,2507982497	22
K6	0,2552220022	20
K7	0,2142215345	31
K7/A	0,2258451495	26
K8	0,2248660267	27
K9	0,2940734733	11
K10	0,3097616827	8
K11	0,1725211983	32
K12	0,1493686337	35
K13	0,1594267522	34
K14	0,137986991	39
K15	0,1375717907	40
K16	0,1388492165	38

Tablo 15 incelendiğinde kullanıcı bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans G9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise K15 olduğu görülmektedir.

İşletmeci bakış açısına göre hatların nihai performanslarının belirlenmesi ve sıralaması Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Kullanıcı Bakış Açısına Göre WASPAS Yöntemi İle Hatların Performansları ve Sıralaması

HATLAR	Pi	SIRALAMA
B1	0,3776345217	5
B2	0,3624015125	7
B2/A	0,2559697929	33
B3	0,3778323624	4
B4	0,2184100157	38
B5	0,2388498729	35
B7	0,3486987326	9
B8	0,2285803428	36
D1	0,3310576477	14
D2	0,3321488283	13
G1	0,347756395	11
G2	0,2615284925	31
G3	0,2938682309	21

Tablo 16. (devamı)

G4	0,3233200795	15
G4/A	0,2677875023	28
G5	0,3682292588	6
G6	0,302316403	19
G7	0,2803192309	24
G7/A	0,3108903366	18
G8	0,3849794716	3
G9	0,5017655176	1
G10	0,2875620435	22
G11	0,348441956	10
G12	0,2563671693	32
K1	0,3401865701	12
K2	0,3500699273	8
K3	0,2869242079	23
K4	0,3137353354	17
K6	0,2713748148	26
K7	0,2763846806	25
K7/A	0,2999252873	20
K8	0,269589021	27
K9	0,3955033507	2
K10	0,3229707938	16
K11	0,2619740403	30
K12	0,2445817943	34
K13	0,2654448554	29
K14	0,2237098058	37
K15	0,2052263834	39
K16	0,1911445214	40

Tablo 16 incelendiğinde işletmeci bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans G9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise K16 olduğu görülmektedir.

MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı Çözümü

Kullanıcı bakış açısına göre hatların karar performanslarının hesaplanması ve sıralaması Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Kullanıcı Bakış Açısına Göre MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı Performans ve Sıralamalar

HATLAR	y_i	SIRALAMA
B1	0,06833896421	6
B2	0,08727195072	3
B2/A	0,03424093434	20
B3	0,08825169648	2
B4	-0,0520447000	33
B5	-0,0514080976	32
B7	0,04684353712	11
B8	0,0245068822	25
D1	0,0320841953	21
D2	0,02460169818	24
G1	0,0757095808	4
G2	0,01781882805	30
G3	0,03428077154	19
G4	0,05244011016	9
G4/A	0,02116458871	29
G5	0,07279647875	5
G6	0,04141463032	13
G7	0,0381395499	16
G7/A	0,05775639693	7
G8	0,0246043421	23
G9	0,1281300108	1
G10	0,0364362464	17
G11	0,00415533174	31
G12	-0,065105108	37
K1	0,04290114513	12
K2	0,05756364722	8
K3	0,03893494554	14
K4	0,03601587636	18
K6	0,03879440172	15
K7	0,0229479605	28
K7/A	0,02297120957	27
K8	0,0232476513	26
K9	0,02887978205	22
K10	0,04934710124	10
K11	-0,063827896	35

Tablo 17. (devamı)

K12	-0,064232697	36
K13	-0,06346369	34
K14	-0,09129090	38
K15	-0,091486225	39
K16	-0,092361524	40

Tablo 17 incelendiğinde kullanıcı bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans G9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise K16 olduğu görülmektedir.

İşletmeci bakış açısına göre hatların karar performanslarının hesaplanması ve sıralaması Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. İşletmeci Bakış Açısına Göre MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı Performans ve Sıralamalar

HATLAR	y_i	SIRALAMA
B1	0,04253623671	4
B2	0,02975192316	11
B2/A	0,004805972155	29
B3	0,04266634674	3
B4	-0,02475229698	37
B5	-0,02200534706	32
B7	0,04094799558	5
B8	-0,008370773771	31
D1	0,02771680844	14
D2	0,02855518272	13
G1	0,03181114169	10
G2	0,006348519826	27
G3	0,01410033142	21
G4	0,02042357551	18
G4/A	0,002678939735	30
G5	0,03785701827	8
G6	0,01580111688	20
G7	0,01029799094	24
G7/A	0,01717349174	19
G8	0,03870537049	6
G9	0,1130893499	1
G10	0,0113369934	23

Tablo 18. (devamı)

G11	0,02898353451	12
G12	-0,02458874061	36
K1	0,03273281853	9
K2	0,04668857709	2
K3	0,01294410226	22
K4	0,02373942717	15
K6	0,00705138732	26
K7	0,009329794918	25
K7/A	0,02364308611	16
K8	0,006000870858	28
K9	0,03850049577	7
K10	0,0224844443	17
K11	-0,02337390518	34
K12	-0,02416922043	35
K13	-0,02249339459	33
K14	-0,03736056884	38
K15	-0,03849728422	39
K16	-0,03957321699	40

Tablo 18 incelendiğinde işletmeci bakış açısıyla performans sıralamasında en iyi performans G9 otobüs hattı olduğu görülmektedir. Performansı en kötü otobüs hattı ise K16 olduğu görülmektedir.

Tablo 19. ÇKKV Yöntemlerine Göre Hem İşletmeci Hem De Kullanıcı Bakış Açısıyla Otobüs Hatlarının Performans Sıralaması

	KULLANICI BAKIŞ AÇISIYLA			İŞLETMECİ BAKIŞ AÇISIYLA				
B1	5	8	4	6	4	23	5	4
B2	3	4	3	3	7	29	7	11
B2/A	24	17	14	20	30	5	33	29
B3	2	3	2	2	2	28	4	3
B4	32	33	37	33	36	33	38	37
B5	33	32	36	32	31	32	35	32
B7	10	20	7	11	5	22	9	5
B8	23	11	16	25	40	8	36	31
D1	25	21	17	21	19	6	14	14
D2	28	24	24	24	20	2	13	13
G1	4	5	6	4	8	27	11	10

Tablo 19. (devamı)

G2	29	30	30	30	26	12	31	27
G3	20	23	23	19	23	16	21	21
G4	6	19	12	9	6	30	15	18
G4/A	19	29	29	29	18	26	28	30
G5	7	2	5	5	10	18	6	8
G6	12	12	15	13	22	17	19	20
G7	16	14	19	16	28	10	24	24
G7/A	9	7	9	7	13	21	18	19
G8	30	26	25	23	12	4	3	6
G9	1	1	1	1	1	31	1	1
G10	13	18	18	17	24	11	22	23
G11	31	31	28	31	17	19	10	12
G12	35	37	33	37	34	37	32	36
K1	22	10	13	12	16	3	12	9
K2	8	9	10	8	3	25	8	2
K3	14	13	21	14	25	9	23	22
K4	18	22	22	18	14	15	17	15
K6	17	16	20	16	29	13	26	26
K7	21	28	31	28	11	24	25	25
K7/A	15	27	26	27	9	20	20	16
K8	26	25	27	26	27	14	27	28
K9	27	15	11	22	15	1	2	7
K10	11	6	8	10	21	7	16	17
K11	34	35	32	35	33	35	30	34
K12	37	36	35	36	35	36	34	35
K13	36	34	34	34	32	34	29	33
K14	39	38	39	38	37	38	37	38
K15	38	39	40	39	38	39	39	39
K16	40	40	38	40	39	40	40	40

SONUÇ VE ÖNERİ

Artan nüfus ve bireysel araç kullanımı trafik sıkışıklığını küresel bir ulaşım sorunu haline getirmiştir. Ulaşım sorununu çözebilmek için bireysel araç kullanımını mümkün olduğu kadar en aza indirmeli ve toplu ulaşım araçları tercih edilmelidir. Bu da toplu ulaşım araçlarını bireysel araç kullanıcıları için cazip ve tercih edilebilecek bir konfor seviyesine getirerek mümkün olacaktır. Toplu taşımanın daha cazip bir hale gelmesi sadece konfor düzeyini artırarak değil aynı zamanda devamlılığını sağlayarak mümkündür. Bu devamlılık ise hem toplu taşımayı işleten işletmeci hem de toplu taşımayı kullanan kullanıcı açısından belirli düzey sağlanarak mümkündür. Kısacası hem işletmeci hem de kullanıcı faydasını ortak bir payda da düşünülerek oluşturulan sistem devamlılığında kalıcı hale getirecek ve sürdürülebilir olacaktır. Bu çalışmada Erzurum'da hizmet veren 40 otobüs hattı performansı hem işletmeci hem de kullanıcı açısından ÇKKV yöntemleriyle performansı değerlendirilmiştir. Değerlendirme kriterleri AHP yöntemiyle önem katsayıları bulunmuştur. Kullanıcı bakış açısına göre oluşturulan ikili matrisin tutarlılık indeksi 0,092 çıkarak 0,1 den küçük olup tutarlı çıkmıştır. İşletmeci bakış açısıyla oluşturulan ikili matrisin tutarlılık indeksi de 0,095 çıkarak 0,1 den küçük olup tutarlı çıkmıştır.

Kullanıcı bakış açısıyla hesaplanan kriter ağırlıklandırılmasıyla elde edilen sonuçlara göre 9 kriterin içinde kullanıcı için en önemli kriter sefer aralığı İşletmeci bakış açısıyla hesaplanan kriter ağırlıklandırılmasıyla elde edilen sonuçlara göre ise yolcu sayısı çıkmıştır.

Bu sonuçlara göre kullanıcı otobüslerin sık gelmelerini öncelikli olarak beklerken işletmeci ise yolcu sayısının çok olmasını dolayısıyla belirli bir kar veya zarar etmeme beklentisindedir.

Hatların performansları ise ÇKKV yöntemlerinden olan TOPSİS ,COPRAS,WASPAS ve MOORA-Önem Katsayısı yöntemleriyle ayrı ayrı hesaplanmıştır ve karşılaştırılmıştır.

Kullanıcı bakış açısına göre ÇKKV yöntemlerinin hepsinde performansı en iyi olan otobüs hattı G9 çıkmıştır. Performansı en kötü çıkan ise WASPAS yönteminde K15 diğer yöntemlerde ise K16 çıkmıştır.

İşletmeci bakış açısına göre ÇKKV yöntemlerinde performansı en iyi olan otobüs hattı COPRAS hariç G9 çıkmıştır. COPRAS yönteminde ise performansı en iyi K9 otobüs hattı

çıkıştır. Performansı en kötü çıkan ise TOPSİS hariç K16 çıkıştır. TOPSİS yönteminde ise performansı en kötü çıkan B8 otobüs hattı çıkıştır.

Genel olarak hem kullanıcı hem de işletmeci bakış açısına göre performansı en iyi G9 otobüs hattı, performansı en kötü olarak ise K16 otobüs hattı çıkıştır.

Kullanıcı açısından sefer aralıklarının sık olması işletmeci açısından yolcu sayısını çok olması hem kullanıcıyı hem de işletmeciyi ortak bir paydada buluşturuyor olması G9 otobüs hattını genel olarak ÇKKV yöntemlerinde birinci sırada çıkarmıştır.

K11-K12-K13-K14-K15-K16 otobüs hatları merkeze bağlı civar mahallerle giden bir güzergaha sahiptir. Bu nedenden dolayı bu hatların performansları ÇKKV yöntemlerinin genelinde alt sıralarda olup performansları diğer hatlara göre kötü çıkıştır. Bu hatların hem saat başı veya belli saat aralıklarla otobüs çıkarması kullanıcıyı memnun etmemekte hem de yolcu sayısını az olması işletmeciyi memnun etmemektedir.

K11-K12-K13-K14-K15-K16 otobüs hatları haricinde kullanıcı açısından bakıldığında TOPSİS yöntemine göre sıralamada 35. olan G12, COPRAS yöntemine göre 37. Sırada olan G12, WASPAS yöntemine göre 37.sırada olan B8 ve MOORA Önem katsayısı yaklaşımına göre ise 36. Sırada olan G12 dikkat çekmektedir.

K11-K12-K13-K14-K15-K16 otobüs hatları haricinde işletmeci açısından bakıldığında TOPSİS yöntemine göre sıralaması 40. olan B8, COPRAS yöntemine göre 37.sırada olan G12 WASPAS yöntemine göre 38.sırada B4, 36.sırada B8 otobüs hattı ve son olarak MOORA-Önem katsayısına göre 37. sırada B4, 36.sırada olan G12 otobüs hattı dikkat çekmektedir.

G12 otobüs hattını performansının diğer hatlara göre kötü çıkmasının araştırılması sonucunda güzergâh uzunluğunun diğerlerine nispeten uzun, sefer aralığının ve sefer süresinin çok olması aynı zamanda yolcu sayısının azlığı hem işletmeciyi hem de kullanıcıyı memnun etmemiştir. Bu hat için güzergâh iyileştirilmeleri sefer aralığı, süresi düzenlemeleri yapılarak hem kullanıcı hem de işletmeci acısında daha işlevsel ve sürdürülebilir hale getirilebilir.

B4 ve B8 otobüs hatlarının performanslarının diğer otobüs hatlarına göre kötü çıkması ise ortalamaya göre az ve değişen yolcu sayılarının olması, araç sayısının az olması ve buna bağlı olarak sefer aralığının çok olması veya sefer sayılarını az olabilir. Ayrıca hizmet verme sürelerinin 840 dk olması yani diğer otobüs hatlarına göre az olması performans sıralamalarına etki etmiştir. Bu hatlar için hizmet verme süreleri yolcu sayısına bağlı olarak arttırarak ve araç sayısını artırarak veya sefer aralıklarında iyileştirmeler yaparak hem kullanıcı hem de işletmeci açısından daha işlevsel ve sürdürülebilir hale getirilebilir.

KAYNAKÇA

- Ağın, C., 2015. Türkiye’de Şehirlerdeki Toplu Ulaşım Sistemleri Sorunlarının Çözülmesinde Toplumsal Davranışların Etkilerinin Planlama Süreci Kapsamında İncelenmesi. İzmir-Karşıyaka Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Atalay, A., Biricik, Ö. F., 2021. Determination of Operational Efficiency in Urban Public Transport Lines. *Civil Engineering Beyond Limits*, 1(2021), 16-20.
- Atalay, A., Biricik, Ö. F., 2022. Determining the Effectiveness of the Bus Lines in Urban Transportation using Data Envelopment Analysis. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 37-54.
- Benk, S., 2007. Kentiçi Ulaşım Sonucu Oluşan Negatif Dışsallıklar ve Önleme Yolları. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Beydilli, M., 2016. Kayseri Kenti Türler Arası Entegrasyon ve Aktarma Merkezleri. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bhagavath, V., 2006. Technical efficiency measurement by data envelopment analysis. *Alliance Journal of Business Research*, 2(1), 60-72.
- Biricik, Ö. F., 2019. Erzurum Kent içi Ana Toplu Taşıma Sisteminin Kümeleme Analizi Yöntemiyle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Can, Z., 1988. Erzurum İmar Planı Raporu. Erzurum: Dampo Danışmanlık Araştırması. Mim. Plan. Ltd. Şti.
- Carvalho, M., Syguiy, T., Silva, D. N., 2015. Efficiency and Effectiveness Analysis of Public Transport of Brazilian Cities. *The Journal of Transport Literature*, 9(3), 40-44.
- Chakraborty, S., Zavadskas, E. K., 2014. Applications of WASPAS method in manufacturing decision making. *Informatica*, 25(1), 1-20.
- Chatterjee, P. and Chakraborty, S., 2012. Material Selection Using Preferential Ranking Methods. *Materials and Designs*, 35, 384-393.
- Çancı, M., Erdal, M., 2009. Lojistik Yönetimi. Utikad Yayınları, 275 s, İstanbul.
- Demir, M., Caner, A. M., ve Bulut, Y., 2016. Erzurum Kentiçi Ulaşım Planlamasında Kullanılmak Üzere; Cbs Tabanlı Trafik Kazalarının Analizi. *International Winter Cities Symposium*, Erzurum.
- Demirel, A., 2015. Kocaeli İlinde Ana Toplu Taşıma Sisteminin Seçimi İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Analizi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü, Kocaeli.
- Doğan, F., 2014. Kentiçi Toplu Taşıma Sistemleri ve Malatya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dursun, D. ve Çodur, Y., 2015. Kent makroformu ulaşım sistemi ilişkisi Erzurum örneği. 11.Ulaştırma Kongresi, İstanbul.
- Erturgut, R., 2016. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi. NobelYayıncılık, 470, Ankara.

- Ertugut, R., Koç Ustalı, N., 2021. Kent İçi Raylı Ulaşım Performansını Değerlendirmede SWARA ve ARAS Yöntemleri İle Bir Model Önerisi. Verimlilik Dergisi, 3, 35-53.
- Eryiğit, S., 2005. Bütünleşik Planlama Yaklaşımı ile HRS'lerin Diğer Ulaşım Sistemleri ile İlişkisinin İrdelenmesi: Konya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı., <https://ulasim.erzurum.bel.tr>
- Filiz, H., 2004. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemiyle Tanksavar Silah Sistemi Seçimi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Fünüküler., 2015. 21 Haziran 2015, <https://en.wikipedia.org/wiki/Funicular#History>.
- Güner, S., 2016. Şehir içi otobüs hatlarına ilişkin hizmet etkinliği analizi: Sakarya Büyükşehir Belediyesi otobüs işletmesi uygulaması. 9. TRANSİST İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı, İstanbul.
- Güner, S., 2017. Operational efficiency and service quality analysis in public transportation systems. Journal of Transportation and Logistics, 2 (2), 33-48.
- Hamurcu, M., Dinç, S., Eren, T., 2018. Kırıkkale- Kampüs Dolmuş Hattı Etkinliğinin Çok Kriterli Karar Verme ile Değerlendirilmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 238-247.
- Hamurcu, M., ve Eren, T., 2018. Kentsel Ulaşımın Geliştirilmesi İçin Moora Yöntemi Kullanılarak Çok Amaçlı Optimizasyon, TRANSİST 2018 Bildiri Kitabı, 21-30.
- Helvacı, M.A., 2002. Performans Yönetimi Sürecinde Performans Değerlendirmenin Önemi. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi, 35(1-2), 155-169.
- Kalpakçı, A., 2013. Ara toplu taşıma sistemlerinin şehir içi otobüs sistemleri ile entegrasyonu İzmir örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Karaca, A., 2017. Yeni Kurulan Büyükşehirlerde Kentiçi Ulaşım Sorunlarına Yapısal Açından Bir Değerlendirme: Balıkesir Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karşlı, B., 2019. Sürdürülebilir Bir Toplu Taşıma Sistemi İçin Sakarya Büyükşehir Belediyesine Ait Belediye Otobüslerinin Performans Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kaya, H., 2016. Alt Yapı ve Ulaşım Hizmetlerinin Kentleşme Sürecine Etkileri: Bursa Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, İstanbul.
- Kaynarca, Ö. A., 2017. Kentiçi Toplu Taşımada Hizmet Kalitesi Ölçüm Modeli ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kesten, A. S., 2008. Toplu Taşıma Sistemlerinde Müşteri Odaklı Performans Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Kırmızı, Z., Şaduman Kolağasıoğlu, M. ve Tunalı Çalışkan, F., 2012. Kentiçi Ulaşım Terimleri Sözlüğü. Cinius Yayınları, 171 s, İstanbul.
- Kocaman, S., Zaman, S., Kara, F., ve Keçeli, A. 2005. Erzurum kentinde gecekondu önleme ve kentsel dönüşüm çalışmaları. Marmara Coğrafya Dergisi(18), 179-210.
- Meyer, M.D., 2003. Measuring System Performance: The Key to Establishing Operations as a Core Agency Mission. PhD Thesis, Georgia Institute of Technology, USA.

- Mohajeri, N. and Âmin, G. R., 2010. Railway Station Site Selection Using Analytical Hierarchy Process and Data. *Computers and Industrial Engineering*, 59(1), 107-114.
- Murat, S. ve Şahin, L., 2010. Düünden Bugüne İstanbul'da Ulaşım. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 530 s, İstanbul.
- Nar, M., 2022. Yenikapı M1 – Kirazlı M1 Hattı İçin İstasyon ve Hat Bazlı Yolcu Talep Tahmini ve Raylı Ulaşım Sistemlerinde Sefer Sıklığı Belirlemede Kritik Başarı Faktörlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Önceliklendirilmesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Öncel, A. G., 2003. İstanbul'daki Trafik Probleminin Çözümü İçin En Uygun Ulaşım Alternatifinin Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi, İstanbul.
- Özarpa, C., Kınacı, B.F., Avcı, İ., 2021. Kent İçi Akıllı Ulaşımında Karma Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Yeni Hat Kurulumunun Belirlenmesi. *Kent Akademisi*, 14(4), 995-1006.
- Özbek, A., 2017. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü. Seçkin Akademi ve Mesleki Yayınlar, 356 s, Ankara.
- Özçelik, İ. C., Eren, T., 2019. Kütahya - Tavşanlı Dolmuş Hattının Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(3), 97-111.
- Özdemir, S., Özcan, E.C., 2020. AHP, COPRAS ve Tamsayı Programlama Entegrasyonu ile Demiryolu Araçlarında Bakım Planlaması. *Demiryolu Mühendisliği Dergisi*, 12, 1-12.
- Phua M.H. and Minowa M., 2005. A GIS-Based Multi-Criteria Decision Making Approach To Forest Conservation Planning At A Landscape Scale: A Case Study In The Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 71, 207–222.
- Piantanakulchai, M. and Saengkhaio, N., 2003. Evaluation Of Alternatives In Transportation Planning Using Multi-Stakeholders Multi-Objectives AHP Modeling. In *Proceedings of the Eastern Asia Society for transportation studies*, 4, 1613-1628.
- Podvezko, V., 2011. The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22(2), 134-146.
- Saatçioğlu, C., 2006. Ulaştırma Sistemleri ve Politikaları: Türkiye Avrupa Briliği
- Saaty, T. L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York.
- Saaty, T. L., 1986. Axiomatic Foundations of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science* 32(7), 841-855.
- Sabuncuoğlu, Z. ve Tokol, T., 2013. İşletme. Beta Basım, 380 s, İstanbul.
- Sandal, E. K., 2009. Kahramanmaraş'ta Ulaşım Problemleri ve Halkın Ulaşım
- Sarı, N. B., 2010. Belediye Toplu Taşıma Sistemlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Yöntemi ile Ölçümü ve İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Sarımehmet, B., Hamurcu, M., Eren, T., 2020. Çok Kriterli Karar Verme: Kırıkkale YHT İstasyonu- Şehir Bağlantısının Sağlanması. *Demiryolu Mühendisliği*, 11, 26-40.
- Sistemine ve Problemlerine Bakışı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(21), 138-141.
- Solak, K. ve Öcalır, E.V., 2021. Türkiye için Raylı Sistem Alternatifleri Seçiminin Çok Ölçütlü Değerlendirme Yöntemi ile Analizi. *Demiryolu Mühendisliği*, 14, 189-201.
- Songur, M., 1995. Mahalli İdarelerde Performans Ölçümü. Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 6, 1 s, Ankara.

- Sönmez, T., 2011. Aktarma Merkezleri, İstanbul Kabataş Aktarma Merkezi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Stevenson, W.J., 1996. Production/Operations Management. Irwin Inc., 5. Ed., United States of America.
- Şişman, E. E., ve Kırzıoğlu, I., 2002. Erzurum Kent Merkezinde Yaya Bölgesi Olabilecek Kent Mekan Birimlerinin Saptanması Ve Projelendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma. Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Dergisi, 127-139.
- Taşkın, K. ve Güner, S. 2014., Şehir içi toplu taşıma sistemlerinin hizmet kalitesinin kullanılabilirlik ve rahatlık-uygunluk açısından değerlendirilmesi: Sakarya minibüsçüler odası örneği, 6. Uluslararası Balkanlarda Sosyal Bilimler Kongresi, Sakarya.
- TDK., <https://tdk.gov.tr/>
- Top, A., 2001. Analiz, Planlama ve Üretim Kontrolü. Alfa Basım-Yayımları, 267 s, İstanbul.
- TÜİK., <https://www.tuik.gov.tr/>
- Tümertekin, E., 1987. Ulaşım Coğrafyası. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 427 s, Erzurum.
- Türk Sivil Havacılık Kanunu, 1983: 1).
- Uygulamaları. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Vuchic, V. R., 2005. Urban Public Transportation Systems and Technology. USA.
- Yağmur, C., 2013. Kentiçi Ulaşım Bağlamında İstanbul Ulaşım A.Ş. Örneği Ve Organizasyon İle Ekonomik Açıdan Bir Öneri. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yavaş, M., 2019. İklim Duyarlı Kent Planlama Stratejileri: Erzurum Kenti Örneği. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yazıcı, M., 2010. Kent İçi Toplu Ulaşım Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, E., 2003. Kent içi Otobüs Taşımacılığında Hat Planlanması ve Simülasyonla Bir Çözüm Önerisi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Tansu HURŞİT
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı (2021)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	