



**KENT İÇİ MINİBÜS HATLARININ
PERFORMANSLARININ ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ:
ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ**

Ahmet ÇAVUŞOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2023

(Her hakkı saklıdır.)

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

**KENT İÇİ MİNİBÜS HATLARININ PERFORMANSLARININ ÇOK KRİTERLİ
KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ: ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ**

(Determining the Performance of Urban Minibus Lines By Multi-Criteria Decision Making
Methods: The Case of Erzurum Province)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet ÇAVUŞOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY

Erzurum
Ocak, 2023



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**KENT İÇİ MİNİBÜS HATLARININ PERFORMANSLARININ ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ:ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ**

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY danışmanlığında, **Ahmet ÇAVUŞOĞLU** tarafından hazırlanan bu çalışma, 13.10.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı **Ulaştırma** Bilim Dalı'nda **Yüksek Lisans** tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (3./3.)** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: **Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK**
Atatürk Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Danışman: **Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY**
Atatürk Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Ali ÇOLAK**
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim
Kurulunun .../.../.... tarih
ve sayılı kararı.

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

Prof.Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY* danışmanlığında sunulan “**Kent İçi Minibüs Hatlarının Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi: Erzurum İli Örneği**” 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	27	30
Kuramsal Temeller	5	30
Materyal ve Metot	18	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	0	20
Sonuçlar ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	9	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.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Ahmet ÇAVUŞOĞLU	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY
3.1.2023	3.1.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* 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 her türlü bilgi birikimini aktaran, çalışma boyunca bana gerek psikolojik gerekse özgüvenimi kaybettiğim zamanlarda deneyimleriyle yol gösterici olan çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY'a en derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma kapsamında veri temini noktasında yardımlarını esirgemeyen Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Dairesi Başkanlığı'nın tüm çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Yaşamımın her alanınındı desteklerini hep hissettiğim aileme en kalbi şükran ve minnetlerimle.

Ahmet ÇAVUŞOĞLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KENT İÇİ MİNİBÜS HATLARININ PERFORMANSLARININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ: ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ

Ahmet ÇAVUŞOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY

Amaç: Hızla büyüyen ve gelişen şehirler beraberinde hayatın her anlamında olumsuz sonuçlara sebep olabilmektedir. Kent içi toplu taşıma sistemi de sebep olunan bu olumsuzluklardan etkilenmektedir. Bu etkinin en aza indirilebilmesi için toplu taşıma sisteminin en optimal şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada Erzurum ilinde bulunan kent içi toplu taşıma sistemlerinden olan minibüs sistemi incelenmiştir. Çalışmada toplu taşıma sisteminin etkilediği kullanıcı, işletmeci ve çevre bakış açılarından faydalanılarak Erzurum ilinde bulunan 6 adet minibüs hattının performansının ölçülmesi ve artırılması için çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışma üç temel aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında kullanıcı bakış açısına göre, ikinci aşamasında işletmeci bakış açısına göre ve üçüncü aşamasında ise çevre bakış açısından yararlanarak minibüs hatlarının performansları belirlenmiştir.

Bulgular: Çalışmada minibüs hatlarının performansları üç farklı bakış açısına göre de hatların performansı farklı çıktığı tespit edilmiştir.

Sonuç: Çalışma sonucunda minibüs hatlarının performanslarının artırılması için çözüm önerileri sunularak minibüs hatlarının daha verimli, etkin ve performanslı çalışabilmeleri sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ÇKKV, toplu taşıma performansı, AHP.

Ocak 2023, 71 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

DETERMINATION THE PERFORMANCE OF URBAN MINIBUS LINES BY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS: THE CASE OF ERZURUM PROVINCE

Ahmet ÇAVUŞOĞLU

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet ATALAY

Purpose: Rapidly growing and developing cities can cause negative consequences in every sense of life. The urban public transportation system is also affected by these negativities. To minimize this effect, the public transport system should be used in the most optimal way. In this study, the minibus system, which is one of the urban public transportation systems in Erzurum, was examined. In this study, it is aimed to offer solutions to measure and increase the performance of 6 minibus lines in Erzurum by using the user, operator and environmental perspectives affected by the public transportation system.

Method: In this study, AHP method, which is one of the multi-criteria decision making methods, was used. The work consists of three basic stages. In the first stage of the study, the performance of the minibus lines was determined according to the user perspective, in the second stage according to the operator's perspective and in the third stage according to the environmental perspective.

Findings: In the study, it was determined that the performance of the minibus lines was different according to three different perspectives.

Result: As a result of the study, solutions were offered to increase the performance of the minibus lines and it was ensured that the minibus lines could work more efficiently, effectively and with performance.

Keywords: MCDM, public transport performance, AHP.

January 2023, 71 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	3
Kent İçi Ulaşım	3
Karayolu taşımacılığı	4
Deniz taşımacılığı.....	5
Demiryolu taşımacılığı.....	5
Kent İçi Toplu Taşıma Sistemleri	5
Lastik Tekerlekli Sistemler	6
Otobüs	6
Minibüs	7
Dolmuş	8
Metrobüs	9
Trolleybüs	10
Raylı Sistemler	11
Tramvay	11
Metro	12
Hafif metro	13
Monoraylar.....	13
Toplu Taşıma Performans Ölçümü	13
Toplu Taşıma Performans Ölçümünde Bakış Açıları	14
Kullanıcı yönünden bakış açısı	14
İşletmeci yönünden bakış açısı.....	15

Çevre yönünden bakış açısı.....	15
Diğerleri yönünden bakış açısı.....	15
Literatür Özeti	15
MATERYAL VE METOT	24
Materyal	24
Erzurum Kenti Genel Yapısı	24
Erzurum İlindeki Kent İçi Ulaşımın Mevcut Yapısı	26
Erzurum İlindeki Kent İçi Toplu Taşımanın Mevcut Yapısı	28
Erzurum minibüs hatları.....	30
Yöntem.....	31
Karar verme süreci	31
Çok kriterli karar verme	31
Seçim problemleri	32
Sınıflandırma problemleri	32
Sıralama problemleri.....	32
Analitik Hiyerarşi Prosesi	32
AHP yöntemi işlem adımları.....	33
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	37
Minibüs Hatları ve Güzergâhları.....	38
Hiyerarşik modelin oluşturulması	44
SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. İşletme Maliyeti ve Kapasiteye Göre Yolculuk Talebi Toplu Taşıma Tür Seçimi.....	4
Tablo 2. Erzurum ili İlçe Nüfus Sayıları.....	24
Tablo 3. Erzurum’da Motorlu Taşıtların Türlerine Göre Sayısı	25
Tablo 4. Yıllara Göre CO2 Emisyon Ölçüm Sonuçları	26
Tablo 5. Erzurum’da Kullanılan Ulaşım Türlerine Göre Yolculuk Dağılımları	29
Tablo 6. Erzurum İlinde Yolculuk Amacına Göre Yolculuk Oranları	29
Tablo 7. İkili Karşılaştırma Ölçeği	35
Tablo 8. Örneklem Sayısına Göre Random İndeksleri	36
Tablo 9. Kullanıcı Bakış Açısıyla Kriterlerin İkili Karşılaştırılması.....	46
Tablo 10. Kullanıcı Bakış Açısıyla Alternatiflerin Son Sıralaması.....	47
Tablo 11. İşletmeci Bakış Açısıyla Kriterlerin İkili Karşılaştırılması	48
Tablo 12. İşletmeci Bakış Açısıyla Alternatiflerin Son Sıralaması	49
Tablo 13. Çevre Bakış açısıyla Kriterlerin İkili Karşılaştırılması	50
Tablo 14. Çevre Bakış Açısıyla Alternatiflerin Son Sıralaması	51
Tablo 15. Bakış Açılarına Göre Alternatiflerin Son Sıralaması	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Gelir düzeyine göre ulaşım tür seçimi	5
Şekil 2. Otobüs görseli	7
Şekil 3. Minibüs görseli	8
Şekil 4. Dolmuş görseli	9
Şekil 5. Metrobüs görseli	10
Şekil 6. Trolleybüs görseli.....	10
Şekil 7. Tramvay görseli	12
Şekil 8. Metro görseli	12
Şekil 9. Monoray görseli	13
Şekil 10. Toplu taşımada performans ölçüm bakış açıları	14
Şekil 11. Erzurum genel ulaşım yapısı	27
Şekil 12. Erzurum toplu taşıma işletmecilik dağılım oranları	28
Şekil 13. Erzurum’da Kullanılan Ulaşım Türlerine Göre Yolculuk Dağılımları	29
Şekil 14. Erzurum İlindeki Yolculuk Amacına Göre Yolculuk Dağılımları.....	30
Şekil 15. Erzurum minibüs hat güzergâhları	31
Şekil 16. Çok kriterli karar verme problem sınıflandırması.....	32
Şekil 17. AHP yöntemi işlem adımları şeması.....	33
Şekil 18. AHP yöntemi genel hiyerarşik model şeması	34
Şekil 19. Akış şeması	37
Şekil 20. Sanayi, Hilalkent, Havuzbaşı minibüs hat güzergâhı	38
Şekil 21. Şükrüpaşa, İbrahim Hakkı, Havuzbaşı minibüs hattı güzergâhı	39
Şekil 22. Telsizler, Öğretmen Evi, havuzbaşı minibüs güzergâhı.....	40
Şekil 23. Üniversite minibüs hattı güzergâhı	41
Şekil 24. Yenişehir üst yol minibüs hattı güzergâhı.....	42
Şekil 25. Yenişehir alt yol minibüs hattı güzergâhı	42
Şekil 26. Yenişehir minibüs hattı genel güzergâhı.....	43
Şekil 27. Yunus Emre, Havuzbaşı minibüs hattı güzergâhı	44
Şekil 28. Minibüs Hatları AHP yöntemi hiyerarşik modeli	45

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
BRT	: Bus Rapid Transit
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
EUAP	: Erzurum Ulaşım Ana Planı
ITDP	: Institute for Transportation and Development Policy
İETT	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Umum Müdürlüğü
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution



GİRİŞ

Günümüzde gelişim gösteren teknoloji ile beraber kent içi ulaşım kendisini önemli bir noktaya taşımıştır. Bu noktadan hareketle kentlerde gerçekleştirilmesi gereken ulaşım sistemlerinin toplu taşımada optimal performans göstermesi için bireylerin karar verme aşamasını etkileyen faktörler belirlenmeli ve uygun teknikler geliştirilmelidir. Gün geçtikçe dünyada gelecek için öngörülen sorunların başında ulaşım konusu gelmektedir. Kentlerde artan nüfus ile birlikte ülkemizde de en büyük problemlerden birisi ulaşım'dır. Ulaşım problemini çözebilmek için yapılan araştırmalar sonucu yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Ulaşım problemlerinde seyahat süresi azaltılması ve gecikmenin olabildiğince minimize edilmesi hedeflenmektedir. Özel araç kullanımının artması trafikte tıkanıklıklar ve gecikmeye neden olmaktadır. Toplu taşıma sistemleri kentlerin ulaşım sistemlerinde yaşadıkları problemin çözümünde en önemli ve etkili çözüm yollarıdır.

Gelişmekte olan toplumlarda artış gösteren nüfusa bağlı olarak gerçekleşen problemlere yönelik (kentleşme, trafik, araç artışı) olarak belirlenecek ulaşım ihtiyaçların karşılanması için özel araç kullanımının azaltılması, toplu taşımaya yönelimin gerçekleştirilmesi vb. gibi uygulamaların hayata geçirilmesi yüksek kapasitede daha güvenilir ve zamandan tasarruf ile ön plana çıkmakta ve ulaşımın kolaylaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Hamurcu vd 2018).

Sosyal yaşamın en önemli unsurlarından biri olan ulaşımın gerek insanların gerekse hayvan ve cansız varlıkların bir yerden bir yere konum olarak yer değiştirme ve taşınma ihtiyacının hızlı, konforlu, elverişli ve güvenli olması gerekmektedir. Ulaşım'da tür seçimi de toplumların sosyoekonomik davranışıyla beraber şekillenmektedir. Ülkemizde sosyoekonomik düzeyin düşük olması insanları toplu taşımaya itmektedir. Bu da toplu taşıma sistemlerine olan ihtiyacın artmasına neden olmakta ve mevcut toplu taşıma sistemlerinin en iyi şekilde değerlendirilerek sistemin en etkin şekilde kullanımını gereklilik haline getirmiştir.

Toplu taşıma sistemlerinin etkili verimli kullanılabilmesi için, seyahat süresinin ve gecikmenin minimize edilmesi gerekmektedir. Toplu taşıma sistemlerinin etkili kullanımı hem çevre hem ekonomi açısından faydalar sağlayacaktır. Bu çalışmada Erzurum'da toplu taşıma sisteminde kullanılan minibüs hatlarının etkili kullanılması için öneriler geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bundan dolayı minibüs hatlarının etkinlik değerlendirmesi yapılmıştır.

Erzurum’da bulunan ve Erzurum’un çeşitli bölgelerine hizmet vermekte olan altı adet minibüs hattı bulunmaktadır. Bölgede bulunan minibüs hatlarının ileride doğabilecek sıkıntıların göz önünde bulundurulması kapsamında hatların etkinliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında Erzurum’ da bulunan altı adet minibüs hattının günümüz verilerine dayanarak en etkin çalışan hattın belirlenmesi ve buna bağlı olarak en iyi performansa sahip olan hat ile diğer hatların performanslarının iyileşmesi için öneriler belirlenmiştir. Hat performansının ölçümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı kent içi toplu taşıma hatlarının performanslarının kullanıcı, işletmeci ve çevre açısından belirlenmesidir. Ayrıca etkinliği düşük olan hatlar için mühendislik açısından çözüm önerilerinin sunulmasıdır.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde konunun önemi ve amacı belirtilmiştir. İkinci bölümde kuramsal temeller ve literatürde yapılmış olan çalışmalar belirtilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın materyali ve kullanılan yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışmanın bulguları belirtilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları ve öneriler sunulmuştur.

KURAMSAL TEMELLER

Kent İçi Ulaşım

Ulaşım, herhangi bir amaç doğrultusunda somut bir varlığın başlangıç ve varış yeri arasında hareket ettiği veya hareket ettirildiği yer değiştirmelerin toplamıdır. Ulaşım kentlerde gerçekleştirilen çeşitli faaliyetleri hızlandıran veya engelleyen ve iyi bir ulaşım ile kentin büyümesi ve gelişmesini hızlandıran en önemli etkenlerden biridir. Böylelikle kentlerin gelişmesi ve büyümesi sonucu kentlerde de ulaşım politikalarında büyük bir gelişme katedilmiştir. Kent içi ulaşım ise kentlerde meydana gelen çeşitli motorlu ve motorsuz taşıtların yanında yaya yolu ile de yapılan yer değiştirme etkinliklerinin toplamıdır.

Kentsel bir ulaşım sistemi, arazi kullanımı ve ulaşım politikaları tarafından tanımlanan karmaşık bir yapıdır. Kent içi ulaşım sistemini oluşturan birçok sistem vardır ve bunlar yayalar, bisikletler, iki tekerlekli araçlar, arabalar, otobüsler ve raylı sistemlerdir. Şehir büyüdükçe seyahat türleri ve yolcuların yolculuk türel dağılımları değişmektedir (Tiwari, 2006).

Kent içi yolcu taşımacılığının asıl amacı vasıtaları taşınmasından ziyade insanların yolculuk ihtiyaçlarını karşılamaktır. Bu hedefi gerçekleştirmek ve var olan kapasiteyi ve mali kaynakları en optimal şekilde kullanmak toplu taşıma araçlarıyla sağlanabilmektedir. Kaliteli hizmet, ekonomi gibi avantajlar sayesinde yolcular toplu taşıma araçlarına yönelmekte, toplu taşıma sistemlerine olan talep ve kullanım oranları artmakta ve özel araç sahipliği ve kullanımlar azalmaktadır (Camkesen 2010).

Kent içi ulaşımında toplu taşıma hizmetlerine yeterli önem verilmemektedir. Bununla beraber toplu ulaşım türleri arasında entegrasyon ve uyumun, kent içi ulaşımı oluşturan araçların hizmet kalitesinin göz ardı edilmesi toplu taşıma araçlarına olan talep seviyesini düşürmektedir (Doğan 2014).

Kent içi ulaşımın dört temel özelliği bulunmaktadır (Benk 2007):

- a) Kent içi ulaşım büyük çoğunlukla iş amacıyla yapılmakta olup bunun yanında eğitim, sağlık, alışveriş ve sosyal etkinlik gibi belirli amaçlar için de kullanılmaktadır.
- b) Ulaşım için seçilen araçlar genellikle gelir seviyesine göre farklılık gösterebilmektedir.

- c) Eğitim ve iş gibi başlangıç ve bitiş zamanı önceden belli olan hedefler doğrultusunda yapılan seyahatlere bağlı olarak belirli iş ve okul bölgesi gibi bölgeler çevresinde yoğunlaşmalar bulunmaktadır.
- d) Kent içi ulaşımında genellikle özel araçlar kullanılmakta olup kentin toplu taşıma hizmet kalitesi seviyesine göre de değişkenlik gösterebilmektedir.

Kent içi ulaşım sistemlerinde ekonomi ve kapasite göz önüne alınması gereken en önemli özelliklerdendir. Bir yolcunun bir durakta ortalama 5 dakika beklediği düşünülerek toplu taşıma tür seçiminde en ekonomik olarak işletme maliyeti ve kapasitesine en uygun yolculuk talebi toplu taşıma türü aşağıdaki Tablo 1’de görüldüğü gibidir (Şenlik 2016)

Tablo 1. İşletme Maliyeti ve Kapasiteye Göre Yolculuk Talebi Toplu Taşıma Tür Seçimi (Şenlik 2016)

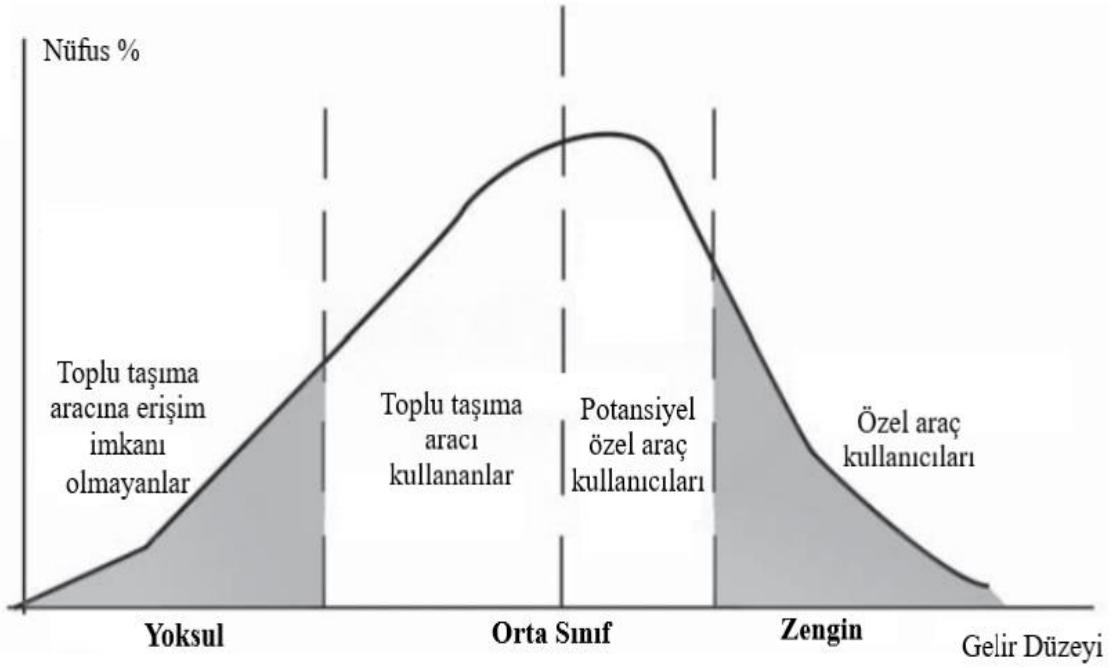
YOLCULUK TALEBİ	TOPLU TAŞIMA TÜRÜ
<92	Dolmuş
92-225	Minibüs
225-6.400	Otobüs
6.400-12.800	Özel Yollu Otobüs
12.800-32.000	Tramvay
>32.000	Metro veya Tren

Kent içi ulaşımında genel olarak karayolu, deniz yolu ve demir yolundan faydalanılmaktadır.

Karayolu taşımacılığı

Karayolu taşımacılığı başlangıç ve varış noktasına olan ağda genellikle başka bir ulaşım aracı gerektirmediği için en fazla tercih edilen ulaşım türüdür. Karayolu taşımacılığını minibüs, otobüs ve özel araç gibi taşıma türlerinden oluşturur ve bu araçların ise trafik sorunlarına, çevre kirliliğine ve kaza gibi olumsuz etkileri vardır. Kent içinde karayolu ağının bu zararlı etkilerini azaltmak için toplu taşıma sistemleri kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Ülkemizin Osmanlı Devleti’nden devraldığı karayolu ağı yaklaşık olarak 18.365 kilometredir. 1950 yılına kadar ülkemizde karayolu ağında büyük somut bir gelişme sağlanamamıştır. Bugünkü devlet ve il yolları toplamı yaklaşık olarak 61.500 kilometrelik yol ağına sahiptir. Ülkemizde taşımacılığın büyük bir kısmı karayolu ağıyla yapılmaktadır (Keçeci 2006).



Şekil 1. Gelir düzeyine göre ulaşım tür seçimi (Mitric 2008)

Grafikte görüldüğü üzere gelir düzeyi arttıkça özel araç sahipliği artmaktadır. Gelir düzeyinin artması ile beraber yolculuk seçimleri farklılaşmakta yani yolculuk türel dağılımı değişmektedir ve gelir seviyesinin artması ile birlikte toplu taşıma kullanımı azaldığı gözlenmektedir. Kent içi ulaşım için toplu taşıma ağının uzak mesafeler ve yakın mesafelere entegrasyonunun iyi olması toplu taşıma kullanımını arttıracaktır.

Deniz taşımacılığı

Deniz taşımacılığı ulaşım sektöründe en az yakıt tüketimine sahip olan taşımacılık türüdür. Deniz ulaşımında kullanılan limanlar aynı zamanda lojistik merkezlerdir. Genellikle uluslararası yük taşımacılığında ön planda olan deniz taşımacılığı aynı zamanda denize kıyısı olan şehirlerde de kent içi ulaşım sektöründe kullanılabilmektedir (Türkmen 2001)

Demiryolu taşımacılığı

Sabit bir güzergâh üzerinde ve ray olarak adlandırılan mekanik bir aksam yoluyla insan ve yük taşımacılığının yapıldığı sistemlerdir. Ülkemizde yer şekillerinin engebeli olmasından dolayı yapım maliyeti yüksek olmasına rağmen diğer toplu taşıma sistemlerine kıyasla daha fazla yolcu taşıdığı için ve çevreye daha az veya hiç karbon salınımı yapmadığı için çevreci bir sistemdir. (Türkmen 2001)

Kent İçi Toplu Taşıma Sistemleri

Karayolu ağında bulunan araçların yüzde 80'i özel araçlardan oluşmaktadır. Bu orandaki özel araç miktarı yolculukların yüzde 20'sini karşılamaktadır. Toplu taşıma araçları

ise yol ağının yüzde 20'sini oluştururken yolculukların yüzde 80'ini karşılamaktadır. Karayolu ağını bu kadar fazla hacim olarak kaplayan özel araçların toplu taşımaya yönlendirilmesi birçok olumsuzlukların önüne geçecektir. (Doğan 2014).

Lastik Tekerlekli Sistemler

Lastik tekerlekli sistemler ülkemizde genel olarak toplu taşımanın ana omurgasında yer almaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise toplu taşımada ana omurga genel olarak raylı sistemlerdir. Ülkemizde lastik tekerlekli olan otobüs sistemlerinin toplu taşıma aracı olarak kullanılmadığı hiçbir il bulunmamaktadır. Lastik tekerlekli sistemler ikiye ayrılmaktadır ve bunlar;

1. Paratransit Sistemler
2. Transit Sistemler

Paratransit sistemler genel olarak kapıdan kapıya taşımacılığı ifade etmekte olup kelime anlamı toplu taşımanın yanı sıra anlamında kullanılır. Bu sistemler daha çok esnek tarife ve güzergâh esnekliği avantajlarına sahip olan sistemlerdir. Daha çok nüfusun az olduğu banliyö ve kırsal bölgelerde toplu taşıma araçlarının yetersiz olduğu yerlerde kullanılırlar. Paratransit sisteme örnek olarak geleneksel toplu taşıma türlerimizden dolmuş örnek verilebilir (Tüýdeş ve Göker 2007). Yolcuları genel olarak bu sistemlere iten birçok sebep bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; yolculuk talebinin artması, kişi başına düşen gelirin artması ile birlikte yolcuların daha konforlu seyahat etmek istemeleri, yetersiz toplu taşıma yatırımları gibi sebeplerden dolayı bu sistemler kendilerine gelişme ve büyüme imkânı vermiştir. Paratransit sistemlere örnek verecek olursak minibüs, otobüs, dolmuş ve taksi örnek verilebilir.

Transit sistemler birden fazla yolcu taşıyan araçlara, ayrılmış şeritli lastik tekerlekli sistemler bütünüdür (Büyükbaş 2016) Transit sistemler genel olarak esnek davranmayan, çevresel etkilerden çok az miktarda etkilenen ve bunların yanında doğru planlama yapılırsa kamu yararına en iyi verimin alınabileceği sistemlerdir. Transit sistemlere örnek olarak trolleybüs, metrobüs ve otobüs örnek verilebilir.

Otobüs

Genellikle dünyanın her yerinde en çok kullanılan ulaşım türlerindendir. Kent içi yolcu taşımacılığının omurgasını oluştururken işletim maliyeti ve yatırım maliyeti olarak ekonomiktir. Güzergâh, ücret ödeme, kapasite gibi konularda farklılık gösterebilmesi ve farklılıklara uyum sağlaması otobüs sistemleri küçük ve büyük şehirlere uyum sağlamasına olanak tanır. Nüfusu kalabalık ve büyük sistemlerde genellikle tek başına bir sistem olarak kullanılmazlar ve toplu taşımada raylı sistemlere entegrasyon edilerek raylı sistemleri

destekleyici etki yapmaktadırlar. Daha küçük ve daha kapasitesi düşük şehirlerde ise genellikle ana toplu taşıma sistemi olarak kullanılırlar (Karşlı 2019).

Otobüsler, diğer toplu taşıma sistemlerine göre kapasitesi yüksek ve güvenli olmasının yanında esnek, konforu ve seyahat hızı düşük, yakıt tüketimi ve çevreye verdiği zarar çok olması ile her an işletilmeye hazır sistemler değildir (Yağmur 2013).



Şekil 2. Otobüs görseli

Minibüs

Genellikle 14 kişilik yolcu taşıma kapasitesi ile hizmet veren minibüsler, az gelişmiş bölgelerde toplu taşıma açığını kapatmak için kullanılan ve gelişmiş bölgelerde ise verimli bir hizmet sağlanamayan bölgelere alternatif oluşturmak için ve ana toplu taşıma sistemine entegrasyonlu bir şekilde ana toplu taşıma sistemine erişim için kullanılan toplu taşıma araçlarıdır. Ülkemizde genel olarak işletmesi çeşitli dernek, birlik ve kooperatif şeklinde hizmet etmektedir (Karşlı 2019).



Şekil 3. Minibüs görseli

Dolmuş

Dolmuş, kent içi yolcu taşımacılığı yapan belirli bir güzergâhı olmasına rağmen sefer başlangıç ve sefer bitiş saatleri belli olmayan geleneksel bir toplu taşıma türüdür. Genellikle yolcu indirme bindirme için belirli herhangi bir noktası bulunmamaktadır ve toplu taşıma sisteminin gelişmemiş olduğu kentlerde günümüzde hâlâ devam etmektedir. Bu sistemde sefer başlangıç ve sefer bitiş sürelerinin keyfiyetle yapılması ve yolcu indirip bindirebilecekleri herhangi bir nokta bulunmaması beraberinde kent içi trafik akışını bozması, kent içi planlı bir sefer yapılmaması ve bunun yanında kentin ana toplu taşıma sistem düzenini bozması gibi sorunlar hem kullanıcılar için hem çevre hem de işletmeciler için zaman zaman büyük sorunlar teşkil etmektedir (Karşlı 2019).



Şekil 4. Dolmuş görseli

Metrobüs

Metrobüsler, trafik dışında kendilerine ayrılmış yol ve güzergâhlarda çalışan istasyon yeri ve sefer sürelerine tam uyum sağlayabilen bir veya birden fazla körük ile çalışan lastik tekerlekli ulaşım araçlarıdır. Genellikle metrobüs sistemlerinde ücret ödeme peronu ile araca binmeden ücret alımı yapılır. Metrobüs sistemlerinde araca binmeden ücret ödenmesi sayesinde indi ve bindi sürelerinden olan kayıp genellikle çok azdır.

Metrobüs sisteminin temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Çakır 2010);

- a) Trafikten arındırılmış ve fiziksel olarak ayrılmış bir yolda ve güzergâhta hareket
- b) Araca binmeden istasyonda toplu taşıma ücret ödeme sistemi bulunması
- c) Geliştirilmiş istasyonlarda iniş ve binişler kolay olması
- d) Akıllı ulaşım sistemi kullanımı mevcut olması.
- e) İleri teknolojili ve yüksek yolcu kapasiteli araçlar olması

metrobüs sistemlerine kullanıcı işletmeci ve çevreci fayda sağlamaktadır.



Şekil 5. Metrobüs görseli

Trolleybüs

Kara ulaşım aracı olan trolleybüs belirli bir hat üzerinde hareket eden ve hat üzerinde bulunan havadaki şeritlerle çalışıp elektrik enerjisinden kendini besleyen lastik tekerlekli çevreci bir toplu taşıma aracıdır. Trafik esnekliği otobüs sistemlerine göre az olan trolleybüs trafik akımına olumsuz etkileri fazladır (Karşı 2019).



Şekil 6. Trolleybüs görseli

Raylı Sistemler

Hatta olan talebin saatte 6000 yolcu aşan durumlarda bölünmüş veya geçiş üstünlüğüne sahip türlere öncelik verilmelidir. Saatte 20.000 yolcu kapasitesine ulaşan hatlarda ise bölünmüş veya tercihi olarak otobüs, hafif raylı sistemlere, trolleybüs gibi toplu taşıma araç ve türlerinin kullanılması tercih edilmelidir. Hatta eğer saatte 20.000,'den fazla yolculuk talebi var ise metro ve hafif metro toplu taşıma türlerinin tercihi yapılmalıdır (Türkmen 2001).

Kent içi raylı sistemler ikiye ayrılmaktadır. Bunlar;

1. Ağır raylı sistemler (Heavy Rail Transit)
2. Hafif raylı sistemler (Light Rail Transit)

Ağır raylı sistemler ise mevcut trafikten ayrılmış tamamen kendine has özel yollarda ve güzergâhlarda işletilen sistemlerdir. Ağır raylı sistemler genel olarak 13,5 metreden fazla uzunluğa sahip, 2,5 ila 3 metre arasında değişen genişlikleri ile bir metresinin ağırlığı 1200 ile 1800 kg ağırlığında değişen sistemlerdir. Metro ve banliyö sistemleri bu sistemlere örnek verilebilirler (Doğan 2014).

Hafif raylı sistemler var olan mevcut trafikten ayrılıp ayrılmadığına göre ikiye ayrılırlar. Bu sistemler zaman zaman yer altına inerken zaman zaman zemin seviyesinde hareket etmektedirler. Bu taşıtların bir metresi 1100 ile 1400 kg ağırlığında gelen sistemlerdir.

Tramvay

Tramvaylar hafif raylı sistemler kategorisinde yer alan belirli bir güzergâhı bulunan ve havada asılı tellerden elektrik enerjisi alarak çalışan sistemlerdir. Vagon eklenip çıkartılarak yolcu kapasitesi arttırılabilen tramvay sistemleri motorlu taşıtlar ile aynı seviyede döşenen raylar sayesinde belirli bir güzergâha sahip olup motorlu taşıtlara göre geçiş üstünlüğüne sahiptirler. Motorlu taşıtlar ile bütünleşmiş bir sistem olduğu için hızları düşüktür ve güvenilir sistemlerdir (Doğan 2014; Karşlı 2019).



Şekil 7. Tramvay görseli

Metro

Karayolu platformundan ayrı olarak raylı sistem üzerinde hareket eden ve yüksek yolcu kapasitesine sahip motorlu toplu taşıma aracıdır. Metro sistemleri ulaşım hızı olarak yüksektir. Bu sistemler yüksek yolcu kapasitesine sahip şehirlerde ana toplu taşıma sistemi olarak kullanılabilirler. Kent merkezinde durak mesafeleri kısa ve hastane, üniversite, oklu ve iş merkezleri yakınlarında durakları bulunur. Bu sistemler genellikle diğer toplu taşıma sistemlerine bütünleşmiş bir şekilde çalışırlar (Doğan 2014; Karşı 2019).



Şekil 8. Metro görseli

Hafif metro

Bir kısmı yer üstünde bir kısmı yer altında çalışıp raylı sistemle belirli bir güzergâhı bulunan toplu taşıma araçlarıdır. İzmir İstanbul gibi büyük şehirlerimizde faaliyet göstermektedir (Doğan 2014).

Monoraylar

Monoraylar, 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 örneklerindendir ve bilgisayarlı bir işletim sistemiyle hareket ederler. Monoraylar hafif raylı sistemler ile ağır raylı sistemler arasında kalan yolculuk talepleri için kullanılabilirler (Karşlı 2019).



Şekil 9. Monoray görseli

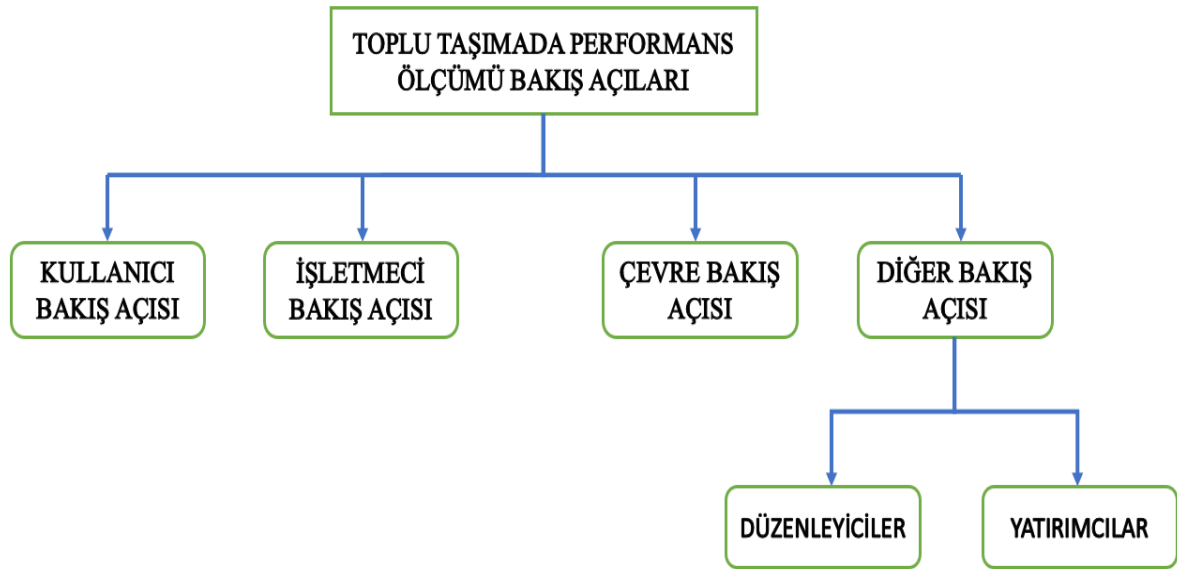
Toplu Taşıma Performans Ölçümü

Etkinlik kavramı iktisadi anlamda ‘lefficacite’ sözcüğünden gelmektedir. Bu sözcük anlam olarak en az çaba veya masraf ile en fazla sonuç elde etme kapasitesi olarak bilinir. Bu yüzden etkinlik kavramı tamamen sistemin girdileri ile alakalı bir durum olup performansın bir kriteri olarak değerlendirilebilir. Etkinlikteki herhangi bir olumlu gelişme sistemin performansında da olumlu bir gelişme olarak etkilediği gibi tam tersi de geçerlidir (Cavlak 2021). Toplu taşımada etkinlik ise en çok konfor veya daha az yolcu ile ulaşma yeteneğini gösterir (Carvalho *et al.* 2015).

Sistemin başarısını ölçebilmek için çeşitli performans kriterlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Toplu taşıma sisteminde performans ölçütlerinden hangisinin daha önemli olduğuna, ölçütlerin tespiti ve sayısına karar verilmelidir. Performans ölçümü esnasında sistemde var olan açıkları ve fırsatları somut bir şekilde yöneticinin görmesi sağlanır (Kesten 2008).

Toplu Taşıma Performans Ölçümünde Bakış Açıları

Toplu taşıma sistemi performans ölçümünde genel olarak dört farklı bakış açısı bulunmaktadır. Bu bakış açılarını sıralayacak olursak ilk olarak kullanıcı, işletmeci, çevre ve diğer bakış açıları olmak üzere toplam dört farklı bakış açısı kullanılmaktadır. Diğer bakış açıları ise yatırımcılar ve düzenleyiciler olarak iki başlıkta toplanmaktadır (Kesten 2008).



Şekil 10. Toplu taşımada performans ölçüm bakış açıları

Kullanıcı yönünden bakış açısı

Kullanıcılar, toplu taşıma sistemine ödedikleri belirli bir ücret karşılığında yolculuk ihtiyaçlarını karşılayan kişilerdir. Kullanıcılar genel olarak aldıkları toplu taşıma hizmetlerinden konfor, güvenlik, ekonomiklik, seyahat süresinin kısalığı gibi çeşitli ölçütlerde avantaj isterler. Kullanıcılara bu uyumluluğu işletmeciler sağlamaktadır. Kullanıcılar açısından performans değerlendirmesi sistemin açısından önemli olmaktadır. Kullanıcıların isteklerinin karşılanmaması durumunda ve sistemde yaşanan herhangi bir performans düşüklüğünün sonucunda ulaşımda türel dağılımda değişimler yaşanacak ve bu durum kent içi ulaşımı olumsuz etkileyecektir (Kesten 2008).

İşletmeci yönünden bakış açısı

İşletmeci bakış açısı kullanıcı bakış açısından farklı olup işletmeci bakış açısı kârlılığa odaklanmaktadır. Toplu taşıma hizmet seviyesinde karar verici olan işletmeciler aldıkları kararlar ile kullanıcıların istek ve arzularını önemsemek zorundadırlar. Kullanıcının bakış açısının iyi olması sistemin performansını arttıracaktır (Vuchic 2007).

Çevre yönünden bakış açısı

Çevre olarak toplumun bütünü toplu taşıma sisteminden etkilenir. Bir çevrenin toplu taşıma sisteminden beklentisi hizmet kalitesinin performanslı çalışmasıdır. Zira kötü çalışan bir toplu taşıma sistemi çevrede kaygı uyandıracak ve toplumun düzenini bozacaktır (Kesten 2008).

Toplu taşıma hizmetlerinin artması topluma aşağıdaki alanlarda tamamen fayda sağlar (Vuchic 2007):

- Hava kirliliğinin azaltılması
- Otopark sıkışıklığının azaltılması
- Trafik sıkışıklığının azaltılması
- Yaşlılar ve engelli bireyler için yolculuk ihtiyaçlarının karşılanması ve erişime hazır olunması
- Ekonomik olarak avantajlı olması
- Özel araca sahip olmayan bireylerin yolculuk talebini karşılama avantajı

Diğerleri yönünden bakış açısı

Bu başlık altında bulunan yatırımcılar toplu taşıma sisteminde hizmet sunulabilmesi için gerekli parasal desteği sağlayan kişilerdir. Sunulan hizmetin kötülüğü ve işletme performansının düşüklüğü yatırımcılar için kötü bir yatırım sayılabilir. Bu başlık altında bulunan bir diğer kategori ise düzenleyicilerdir. Düzenleyiciler devletin toplu taşıma sistemi ile ilgilenen kurum ve kuruluşlarıdır. Düzenleyiciler var olan yatırımın ve sistemin sürekliliğini sağlayan yapılardır (Vuchic 2007).

Literatür Özeti

Hamurcu vd. (2018) 73 araçtan oluşan Kırıkkale kampüs dolmuş hattını çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemiyle yolcu verimliliği, çevre ve ulaşım verimliliği ana kriterleri ve bu ana kriterlere ait alt kriterleri belirleyerek dolmuş hattının hat etkinliğini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada dolmuş hatlarının günde 5 adet

sefer yaptıklarını ve bu dolmuş hattında çalışan 73 araçlık filonun günlük ortalama 6000 kişiye hizmet ettiği belirtilmektedir. Yapılan çalışmada ulaşım, çevre ve yolcu memnuniyeti ana kriterleri ile bu ana kriterlere ait alt kriterleri uzman görüşleri ikili karşılaştırma temeline dayanan AHP yöntemiyle değerlendirmiştir. Sonuç olarak AHP yönteminin sonucunda yolcu memnuniyeti %71 ile birinci sırada, çevre %20 lik ağırlık değeri ile ikinci sırada ve son olarak %9 luk ağırlık değeri ile ulaşım ana kriteri üçüncü sırada yer almaktadır. Alt kriterler de değerlendirildiğinde erişilebilirlik kriterinin %25 lik bir skor ile en önemli alt kriter olarak bulunmuştur. Dolmuş hattının durak dinlemeden her yerde yolcu indirip bindirdiğini ve hat güzergâhında tekrarlamalı bir şekilde 2 kere aynı yerden geçtiğini belirten yazar duraklarda yolcu indi-bindisinin yapılarak hem trafik aksaklıklarının azalacağını hem de dolmuş aracının ve yolcuların hat güzergâhında geçen seyahat süresinin kısılacağını, hat güzergâhında mevcut olan iki kere aynı güzergâhtan geçme durumu için yeni bir güzergâh önerisinde bulunulmuştur ve son olarak Kırıkkale ilinin en yoğun olan hattı için bu hattın zamanla artacak olan yolculuk talebinden dolayı sefer sayısının artırılabilmesine varılmıştır.

Özçelik ve Eren (2019) Kütahya iline bağlı Tavşanlı ilçesine hizmet eden 5 adet dolmuş hattını çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak toplu taşıma hatlarının hizmet etkinliğini ölçmeyi amaçlamıştır. Çalışmada 5 adet dolmuş hat alternatifi sunulmuş her hatta 10 araca sahip bir filo bulunduğu ve araçların 14 kişilik oturan yolcu kapasitesine ve yoğunluğa göre ayakta yolcu taşıma kapasitesine sahip olduğu belirtilmektedir. Çalışmada ana ve alt kriterler kullanılmış olup ulaşım, şehir kullanımı ve yolcu memnuniyetinden oluşan 3 ana kriter bulunmakta ve bu ana kriterlere bağlı olarak her bir ana kriterin 3 farklı alt kriteri bulunmaktadır. 3 ana kriteri ve bu ana kriterlere bağlı olan 3 farklı alt kriter alternatifler ile birlikte uzman görüşleri yardımıyla AHP yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmış ve TOPSIS yöntemi kullanılarak ise hizmet etkinliği değerlendirilmiştir. Sonuç olarak AHP yönteminin kullanılması ile 0,789 gibi bir ağırlığa sahip olan Hat 4 dolmuş hattı için gerekli düzenlemelerin yapılabileceği sonucuna varılmıştır. TOPSIS yöntemine göre de yine Hat 4 dolmuş hattının hizmet etkinliğinin artırılması adına gerekli düzenlemelerin yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Güner (2016) Sakarya Büyükşehir Belediyesi otobüs işletmesine bağlı 30 adet otobüs hattının hizmet etkinliğini ölçmek amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan veri zarflama analizini kullanmıştır. Veri zarflama analizinin girdi ve çıktı alternatiflerinden yararlanarak yazar girdi kriterlerini hat tamamlama süresi olan rotasyon süresini, gün içerisinde toplam çalışılan süre olan hizmet süresini ve sefer sayısını kullanarak üç temele oturtmuştur. Çıktı kriteri olarak ise yolculuk sayısını ele almıştır. Yazar 0,12 ile 1 arasında değişen puanlar

bulmuş olup 10 hattın ortalama etkinlik skorlarına sahip olduğunu gözlemlerken diğer 20 hattın ortalama altı hizmet skorlarına sahip olduğunu gözlemlemiştir. Sonuçta çıkan hizmet etkinliğinin düşük olmasının sebebini otobüs hatlarının hizmet kalitesinin taşınan yolcu sayısına oranla daha fazla olmasından kaynaklandığı sonucuna varmıştır.

Sarı (2010) yaptığı çalışmada ülkemizde bulunan 16 adet büyükşehir belediyesinin etkinliklerini ve Adana Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletme Müdürlüğüne ait çalışan otobüslerin işletme analizini yapmıştır. Çalışmada şehir nüfusu, yerleşim birimi sayıları, otobüs hattı sayıları, toplu taşımada kullanılan otobüs sayıları gibi 11 adet kriter kullanmış olup bunların analizini Veri Zarflama Analizi ile yapmıştır. Çalışmasında veri zarflama analizi ile 8 adet model oluşturmuş çalışmaya katılan 16 büyükşehir belediyesinin de hatlarının etkin olduğunu bulmuştur. Adana ilinde bulunan otobüs işletme müdürlüğünün işletme analizini çalışırken ise İETT' ye göre bir kıyaslama yapmıştır. Çalışmada belediyelerin kamu kurumu olmasına rağmen mali açıdan şeffaf olmadıklarını belirtmiştir.

Masoumi (2017) yaptığı çalışmada ülkemizde ve dünyada mevcut olan bazı raylı sistemlerin performans etkinliklerini araştırmıştır. Çalışmada veri zarflama analizini kullanmış olup raylı sistem hatlarının etkinliklerinin nasıl olduğunu bulmuş ve etkinliklerini artırmak için nasıl arttırabileceklerini çalışmasında belirtmiştir. Araştırma verilerini internet sitelerinden, belediyelerin ilgili birimlerinden ve daha önce yapılan çalışmalardan elde etmiştir. Örnek olarak dünyada raylı sistemleri olan 9 adet şehirden yaptığı performans incelemesinde Moskova ve Delhi şehirlerinden işletilen raylı sistemlerin etkin çalıştıklarını bulmuştur. Ülkemizde ise raylı sistem işletmeleri olan 11 adet şehrin metro, hafif raylı sistem ve tramvaya ait ulaşılan veriler ile ayrı ayrı performans incelemiştir. Ülkemizde tramvay sistemleri bulunan 7 adet şehirden en etkin olanların İstanbul ve Bursa illerinde olduğunu belirtmiştir ve ülkemizde bulunan raylı sistemlere sahip şehirlerde ise en etkin şehirlerin İstanbul ve Eskişehir olduğunu bulmuştur. Veri zarflama analizinin avantajı olan veri değişken artıklarından yararlanarak ise etkinlik skorlarını arttırabilmeleri için neye dikkat etmeleri gerektiğini öneriler kısmında belirtmiştir.

Acar (2018) yaptığı çalışmada İstanbul'da bulunan BRT işletmesinin etkinliğini araştırıp ve dünyada bulunan diğer örnekleri ile kıyaslamasını yapmıştır. Çalışmada veri zarflama analizi kullanılmış olup BRT sistemlerinde aynı karar verme birimine sahip olan yerler ile kıyaslama yapılmıştır. Kıyaslama yapılırken girdi verileri olarak koridor uzunluğu, nüfus yoğunluğu ve araç sayısı kullanılmış olup çıktı verileri olarak ise ITDP değerlendirmesine katılan BRT işletmelerinin standart puanı, günlük yolculuk değerleri ve işletme hızları dikkate alınmıştır. Çalışmada İstanbul BRT işletmesinin girdi ve çıktı değerleri ile oynanarak 4 farklı

model senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolar neticesinde ve etkinlik skoru daha fazla olan işletmeler yardımıyla önerilerde bulunulmuştur.

Üvenç (2019) yaptığı çalışmada Yolcu Taşımacılığı Standardı olarak bilinen NF 281 standardını kılavuz kaynak olarak kullanarak müşteriye hizmet odaklı hizmet kalitesi ölçümüne kaynak oluşturabilecek bir çalışma yapmıştır. Kayseri ilinde hafif raylı sistem T1 hattı için bir incelemede bulunulmuştur. Çalışmada toplu taşıma hizmet ölçütleri belirlenmiştir ve hizmet kalitesi ölçümü yapılabilir hale gelmiş olup son olarak hizmet kalitesinin artması için gelir ve toplu taşımaya olan talebin arttırılabilmesi gerektiği gibi önerilerde bulunulmuştur.

Karlaftis (2004) yaptığı çalışmada performans ve üretkenlik gibi toplu taşımada iki önemli konuyu ele almıştır. Çalışmada 1990 ve 1994 yılları arasında toplu taşıma ağında hizmet veren 259 sistem hattının verilerinden faydalanılmıştır. Çalışmada yöntem olarak veri zarflama analizi kullanılmıştır. Yöntemde girdi olarak sarf edilen emek, yıllık kullanılan toplam yakıt miktarı ve sermaye miktarıdır. Karlaftis, çalışmasında üç farklı model oluşturmuş olup girdileri aynı ve çıktıları farklı şekilde sırasıyla ilk modelde araç-mil olarak kullanmış, ikinci modelde yolcu sayısı çıktı kriteri olmuş olup son modelde ise çoklu çıktı kullanıp araç-mil ve yolcu sayısını çıktı kriteri olarak ele almıştır.

Atalay ve Bircik (2022) yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde bulunan kent içi toplu taşıma sistemlerinden olan otobüs sistemlerinin verimliliklerini incelemiştir. Çalışmada yöntem olarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan veri zarflama analizi yöntemi kullanılmıştır. Hafta içi ve hafta sonu otobüs hatları için kapasite kullanım oranı olan taşınan yolcu sayısı ile hat kapasitesi oranı dikkate alınmıştır. Çalışmada kullanılan veriler hat tarafından taşınan yolcu sayıları, kapasite kullanım oranları ve hat uzunluklarıdır. Çalışma sonucunda Erzurum ilinde hizmet eden 33 otobüs hattının veri zarflama analizi yöntemi ile verimlilik analizi yapılarak verimliliğin arttırılması için çözüm önerileri sunulmuştur.

Cullmann and Hirschhausen (2010) yaptığı çalışmada Almanya'da bulunan 179 toplu taşıma şirketine ait 1990 ve 2004 yılları arasında toplanan verilere göre parametrik olmayan verimlilik analizi yapmışlardır. Çalışmada veri zarflama analizi kullanılmış ve koltuk km çıktısından oluşan model 1, otobüs km çıktısını kullanan model 2 ve son olarak yoğunluk çıktısını kullanarak model 3 olmak üzere toplam üç model oluşturulmuştur. Model 1 de girdi olarak ise emek ve sermaye kullanılmış olup verimliliğin çalışma yapılan toplu taşıma şirketleri için düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Model 2 de yine sonuç olarak verimlilik düzeyi düşük çıkmıştır. Model 3 de de verimlilik düzeyi düşük çıkmıştır. Sonuç olarak oluşturulan modellerde küçük işletmelerin ortak olarak garajlarının çalıştırılması ve filo tedariğinde ortak davranmaları gerektiği gözlemlenmiştir.

Özbilen (2016) tarafından yapılan araştırmada elde edilen bulgulara göre; toplu taşıma ile ilgili 623 katılımcıya sunulan anket modellemesi görüşme yoluyla yapılmıştır. Elde edilen görüşmenin sonucunda toplu taşıma aracıyla ilgili hedefe erişim rolü, diğer taşıma araçları arasındaki ilişki ve mevcut olarak bulunan toplu taşıma ağına entegrasyonuna dikkate alınarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda birtakım öneriler sunulmuştur. Çalışmada dolmuş sisteminin toplu taşıma sistemine hız kazandırdığına değinilmiş ve hızlı toplu taşıma sistemlerinin kullanılmasının toplu taşıma sisteminin verimliliğinin artmasına yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır.

Güner (2017) yaptığı çalışmada kullanıcı ve işletmeci açısından toplu taşıma otobüs sistemlerinin performansını incelemeyi amaçlamıştır. Operasyonel etkinliği ve hizmet kalitesi olarak iki modelde yapılan çalışmada hizmet kalitesi modeli altında kullanılabilirlik ve konfor kriterleri iki ana kriter olarak belirlenmiştir. Kullanılabilirlik kriteri altında hizmet süresi, sıklık, kapasite, erişilebilirlik ve hattın kapsamı alt kriterleri belirlenmiştir. Konfor kriteri altında ise araç doluluk oranı, hız, klimalı araç oranı ve direkt gidiş alt kriterleri belirlenmiştir. Hizmet kalitesi kapsamında ilk olarak analitik hiyerarşi prosesi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve TOPSIS yardımıyla ise kriter skorları iyileştirme çözüm önerileri sunabilmek oluşturulmuştur. Operasyonel etkinliğin ölçülmesinde ise veri zarflama analiz yöntemi kullanılmış olup ilk olarak girdi ve çıktılar belirlenmiştir. Girdi değişkenleri olarak kapasite, yakıt miktarı ve sermaye kriterleri belirlenmiş olup çıktı değişkeni olarak ise yolculuk sayısı kriteri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda işletmeci ve kullanıcı bakış açısının birleştirilebileceğinden söz edilmiştir ve çalışmaya katılan kullanıcılar için konfor kriteri en önemli kriter olarak sonuçlandırılmıştır.

Kesten (2008) yaptığı çalışmada müşteri odaklı performans ölçümü yapmayı amaçlamıştır. İstanbul'da bulunan üç adet raylı sistem hattında müşteri memnuniyet anket verileri kullanarak memnuniyet araştırması yapılmıştır. Çalışmada ölçütlerin önem ve memnuniyet endekslerinin çarpımlarının ortalamaları alınarak müşteri odaklı performans ölçümü yapılmıştır. Bu değerlendirmeleri yıllara göre memnuniyet anketlerinden aldıkları verilere göre yıllara göre bir performans ölçümü yapılmıştır. Yapılan çalışmada ölçütlere ait önem ağırlıkları eşit olarak alınmıştır. Çalışma sonucunda raylı sistemlerin diğer toplu taşıma sistemlerine göre daha fazla rağbet gördüğü anlaşılmış ve önem ağırlıklarının eşit alınmasında göreceli bir hata olduğu anlaşılmış olup ve her bir ölçütün önem ağırlığının farklı olabileceği ve bunun için ise diğer çalışmalarda AHP yönteminin kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varmıştır.

Bircik (2019) yaptığı çalışmada Erzurum ilinde hizmet veren 33 adet ana toplu taşıma hattının verimlilikleri incelenmiştir ve verimliliklerinin artırılması için çözüm önerileri sunulmuştur. Çalışmada yöntem olarak kümeleme analizi kullanılmış olup altı farklı senaryo oluşturulmuş olup hafta içi ve hafta sonu kapasite kullanım oranı verileri, hafta içi sabah ve akşam en fazla yoğunluğa sahip pik saatlerde taşınan yolcu sayılarına ait veriler kullanılmıştır. Kapasite kullanım oranları hiyerarşik olmayan kümeleme analizi yöntemi IBM SPSS Statistics Version 20 program uygulaması kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada G9 hattının tüm altı farklı senaryoda da yüksek kümede ve G2 ve B4 hatlarının ise altı farklı senaryoda da düşük kümede yer aldığı gözlenmiştir. En yüksek kapasite kullanım oranına sahip B1 hattı B4 hattının yolcu yükünü karşılamada yardımcı olabileceği ve güzergâh olarak buna elverişli olabileceği için B1 hattında oluşabilecek güzergâh düzenlemesinde toplu taşıma için enerji tasarrufu ve iyileştirme sağlanabileceği sonucuna varılmıştır. Kapasite kullanım oranının düşük olduğu B5 ve B8 hatlarının güzergâhında değişiklik yapılması gerektiği, güzergâhları büyük oranda çakışan G2 ve G8, K5 ve K6, hatlarında da benzer şekilde düzenleme yapılabileceği, K4 ve K9 hatlarının yenir bir güzergâh rotası oluşturularak birleştirilebileceği gibi önerilerde bulunulmuştur. Çalışmada son olarak deneme ve yanılma yoluyla kapasite, güzergâh ve araç sayılarının belirlendiği ve tecrübeyle bunların yapıldığı görüşünde bulunulmuştur.

Karslı (2019) yaptığı çalışmada Sakarya ilinde büyükşehir belediyesine ait halk otobüslerinin performansını belirlemeyi ve performansını arttırmayı amaçlamıştır. Çalışmada 6 anketörün şehirde bulunan toplu taşıma için önemli 5 durağında yapılan anketlerin SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 22,0 programı yardımıyla incelenmiştir ve anketlerden çıkan sonuçlar neticesinde güvenilirlik seviyesi %94,9 seviyesinde bulunmuştur. Anketler bulunan cinsiyet, yaş, medeni durum, öğrenim durumu, hane geliri, hanede sahip olunan özel araç sayısı, hanedeki kişi sayısı ve hanede maaşlı çalışan kişi sayısı soruların yanında belediye otobüslerini tercih etmelerindeki yolculuk süresi, sefer sayısı, temizlik, konfor ve ücret gibi sorular ve son olarak yolcunun otobüs geliş saatini bilme durumu, aktarma durumu gibi yolculuk karakteri ile alakalı sorular sorulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre Sakarya iline ait belediye otobüslerinin hizmet seviyelerinin düşük olduğu belirlenmiş ve buna yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Barut (2012) yaptığı çalışmada Antalya ilinde bulunan toplu taşıma sistemlerinde hizmet düzeylerinin belirlenmesi için bir yöntem geliştirmeyi amaçlamıştır. Antalya da yapılan toplu taşıma hizmet anketleri ABD ve AB’de yapılan yöntemler ile toplu taşıma hizmet kalitesi karşılaştırılmıştır. Yapılan beşli ve yedili likert ölçeğinde yapılan anketlerde, anket yapılan kişilerin demografik bilgilerin yanında kişilerin toplu taşıma aracının saat kaçta durağa

geleceği, sefer aralıklarını bilme gibi müşterilerin hat hakkında bilgiye sahip olup olmadıkları ve durağa yaya olarak gelme sırasında kat edilen mesafe, özel araçla veya taksi ile yolculuğun yapılması sırasında oluşan zaman farkı, toplu taşımanın geç kalma durumu, toplu taşıma aracının hiç gelmeme durumu ve yolcunun toplu taşıma aracı içerisinde oturma durumu gibi verilerde kullanılmıştır. Çalışmada yöntem olarak tek yönlü varyans analizi ANOVA testi, t testi %95 güvenilirlik seviyesinde 'IBM SPSS Statistics 19.0' programı yardımıyla uygulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak toplanan veriler ve uygulanan yöntem ışığında ABD ve AB hizmet düzeylerine göre ülkemizde hizmet düzeyinin düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışmada toplu taşıma araçlarının sefer durağına %60 oranında zamanında gelmemesine rağmen müşterilerin aldıkları hizmetten 2.93 ortanın üstü bir değerinde memnun oldukları sonucuyla karşılaşılmıştır.

Kaynarca (2017) yaptığı çalışmada İstanbul ilinde bulunan ve İETT işletmesi altındaki toplu taşıma sisteminin performansının ölçmek amacıyla hizmet kalitesi modeli oluşturmayı amaçlamıştır. Çalışmada hizmet kalitesi ölçüm modeli, EN 13816 hizmet kalitesi standartı kapsamında çevre, güvenlik, konfor, bilgilendirme, zaman, müşteri hizmetleri, erişilebilirlik ve uygunluk olmak üzere sekiz kriter kullanılmıştır. Kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemek amacıyla ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulanmıştır. AHP yöntemiyle ağırlıklandırma sonucunda her bir kriterin o ağırlık ile çarpılması sonucunda her bir denetim noktasının skoru hesaplanabilmektedir. Çalışmada İETT işletmesinin 2013 yılından beri bu EN 13816 hizmet kalitesi standardının kullanılmasının işletme tarafından yapılan müşteri memnuniyet anketlerine göre olumlu olarak yıllara göre arttığı gözlenmiştir.

Georgiadis *et al.* (2014) yaptıkları çalışmada Selanik kentindeki toplu taşıma ağlarına performans verimlilik ve etkinlik değerlendirmesi yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada yöntem olarak girdi ve çıktı kriterleri imkanını veren veri zarflama analizi kullanılmıştır. Çalışmada kriter olarak hatta ait uzunluk, hizmet süresi, hatta hizmet veren araç sayısı, araç- km başına gelir miktarı, yolcu sayısı ve araç-km başına düşen gelirin koltuk sayısı ile çarpımı sonucu elde edilen koltuk-km'nin ücreti olarak alınmıştır. Kullanılan verilerin 2009, 2010 ve 2011 yıllarında elde edilen verilerle yapıldığı ve model olarak üç adet modelin uygulandığı çalışmada model 1 ve model 2 'de girdi değişkenleri uzunluk, hizmet süresi ve araç sayısı kullanılırken model1'de çıktı değişkeni olarak koltuk-km ücreti alınmışken model2'de çıktı değişkeni olarak yolcu sayısı kullanılmış, model 3' de ise girdi değişkeni olarak araç-km başına ücret ve araç sayısı kullanılırken çıktı değişkeni olarak yolcu sayısı ele alınmıştır. Çalışmada sonuç olarak daha az

koltuk sayısına sahip yolcu otobüslerinin kullanılması hizmet süresinin kısaltılması gibi farklı performans iyileştirme çözümlerinden daha fazla yararlı olacağı bulunmuştur.

Atalay ve Bircik (2021) yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde kent içi toplu taşıma sistemlerinden olan 33 otobüs hattını incelemiştir. Çalışmada şehir içi toplu taşıma hatlarının performanslarını incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmada k-ortalama yöntemi ve yapay zekâ yöntemi olan kendi kendini düzenleyen haritalar (self-organizing mapping) metodunu kullanarak toplu taşıma hatlarını kümeleme analizini kullanmışlardır. Kümeleme analizinde büyük, orta ve küçük küme olmak üzere üç kümeye ayrılmıştır. Büyük kümede yer alan hatlar, hat kapasitesinden daha fazla hizmet vermektedir. Orta kümede yer alan hatlar, hat kapasitesi civarında kapasitede hizmet vermektedir. Düşük kümede yer alan hatlar, hat kapasitesinden daha düşük kapasitede hizmet verdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada sonuç olarak kullanılan iki yönteminde benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Putra *et al.* (2014) yaptığı çalışmada toplu taşıma kullanıcılarının memnuniyet ve istekleri ile beraber toplumsal beklentileri açısından sunulan hizmet memnuniyetlerinin toplu taşıma performansını üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Müşteri beklentilerinin temel önceliği erişilebilirlik, entegrasyon, kapasite, gecikme olmaması ve konfor olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda incelenen toplu taşıma sisteminin performansının düşük olduğu tespit edilmiştir ve sunulan hizmet memnuniyetinin toplu taşıma performansı açısından olumlu ve anlamlı bir etkisi olduğu saptanmıştır.

Diana and Daraio (2010) yaptığı çalışmada kent içi ulaşım sistemlerinde etkinliği değerlendirmeyi ve performans ölçeklerini açıklamayı amaçlamıştır. Çalışmasında daha önceki çalışmalardan yararlanarak etkinliğin sistemin girdileri ile alakalı olduğu bir konu olduğunu ve bunun işletmeye bağlı olduğunu ileri sürmüştür. Sonuç olarak çalışmada etkinliğin ölçümünde işletmecilerin ve kullanıcıların fikirlerinin örtüşemeyebileceğini ve verdiği kararların tutarsız olabileceğini öne sürmüştür.

Stone *et al.* (2012) yaptığı çalışmada Yeni Zelanda'da bulunan 3 adet kentin toplu taşıma hat serkinliğini ve verimliliğini araştırmayı amaçlamıştır. Arazi kullanımı, çevre yapısı gibi çeşitli ölçekleri toplu taşımanın etkin şekilde kullanıldığı büyük şehirlerle kıyaslamış ve bunları belirli bir yöntemle bağlamamıştır. Yapılan çalışmada karşılaştırma yapılan şehirlerin yolculuk talebine ulaştığı ve buna rağmen yeni yatırımların yapılmadığı sonucuna varılmıştır.

Carvalho *et al.* (2015) yaptığı çalışmada Brezilya'da bulunan 21 şehrin kentsel toplu taşıma sistemlerine etkinlik ve verimlilik analizi yapmayı amaçlamıştır. Çalışmada yöntem olarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan veri zarflama analizi kullanılmıştır. Üç adet senaryonun kullanıldığı çalışmada senaryolar sırasıyla alt yapı verimliliği, hizmet etkinliği ve

en etkili birim olarak ele alınmıştır. Hizmet etkinliğinde taşınan yolcu sayısı kriter olarak ele alınmıştır. Çalışmada her üç senaryo için de farklı alternatifler başarılı olarak belirlenmiştir.

Boame (2004) yaptığı çalışmada Kanada’da bulunan kentsel ulaşım araçlarının verimlilik analizini yapmayı amaçlamıştır. Çalışmasında yöntem olarak veri zarflama analizini kullanmasının yanında çıkan sonuçların anlamlılığını ölçmek için ise regresyon analizi yapmıştır. Çalışmada 1990 ve 1998 yıllarında tutulan bilgileri kullanan yazar, çalışmasında girdi ve çıktı ölçeği olarak filo büyüklüğü, araç km, yakıt, işçi ücreti, gelir araç km, ortalama hız ve filo yaşı verilerini kullanmıştır. Çalışmada toplu taşıma sistemlerinin ortalama hızının artması durumunda sistemin daha verimliği çalışacağı bulunmuş ve bunun için toplu taşıma sistemlerine geçiş üstünlüğü verilmesi gerektiği görüşünde bulunulmuştur. Aynı zamanda pik saat gibi toplu taşımaya olan talebin fazla olduğu durumlarda daha büyük kapasiteli otobüslerin kullanılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Güner vd (2017) yaptığı çalışmada Sakarya toplu taşıma sisteminin hizmet seviyesi çerçevesinde toplu taşıma sisteminin performans analizi yapmayı amaçlamıştır. Çalışmada yöntem olarak veri zarflama analizi çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada girdi kriteri olarak sefer süresi, hizmet verilen süre ve sefer sayısı kullanılmış olup çıktı kriteri olarak ise yolculuk sayısı ele alınmıştır. Çalışmada veri zarflama analizi yönteminde bulunan skorlar hizmet etkinlik skoru olarak ele alınmıştır. Çalışma sonucunda incelenen otobüs hatlarının düşük hizmet seviyesinde bulundukları tespit edilmiştir. Hatların az sayıda yolcu taşıdıkları bulunmuş ve özel işletmeye bağlı otobüs hatlarında ise sunulan hizmete oranla daha fazla yolcu taşındığı sonucuna verilmiştir.

Bu çalışma çerçevesinde konuyla alakalı benzer çalışmalar incelenmiştir. İncelenen çalışmalarda performans ve etkinlik konuları incelenmiş olup çeşitli yöntemler kullanılarak sonuç aranmıştır. Bu çalışmada kullanılan kullanıcı, işletmeci ve çevre bakış açıları ile inceleme yapılmadığı tespit edilmiştir. Bu bakış açıları ile on farklı kriterin kullanılması bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran başka bir konu yapmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma materyali, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan ve arazi yüz ölçümü olarak bölgenin en büyük ili olan Erzurum ilinde bulunan ve şehrin iki büyük merkez ilçesine hizmet eden 6 adet minibüs hattı incelenmiştir. Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Daire Başkanlığı tarafından yürütülen trafik ve akıllı şehirler master planı çerçevesinde toplanan yolcu indi ve bindi sayım verilerinden ve bir kısmı da minibüs hatlarında bulunan ana durakların tuttuğu verilerden alınmıştır. Minibüs hatlarından alınan;

- Taşınan yolcu sayıları,
- Sefer uzunlukları,
- Hatlarda çalışan araçların sayıları,
- Sefer süreleri,
- Günde yapılan toplam km uzunlukları,
- Hizmet verilen süre,
- Taşıtların egzoz muayene sonuçları,
- Kalabalıklık faktörü,
- Hat gecikmesi
- Durak sayısı

kullanılmıştır.

Erzurum Kenti Genel Yapısı

Erzurum ili ülkemizin en büyük dördüncü, Doğu Anadolu Bölgesi'nin ise en büyük arazisine sahip ilimizdir. Erzincan ili ile beraber Türkiye'nin kuzey, güney ve batı şehirleri ile doğu bölgesini bağlayan ilimizdir. Bunun yanı sıra geçmişte de çeşitli ticari bölge ve güzergâhına ev sahipliği yapmıştır.

Erzurum ilinde nüfusun büyük bir kısmını merkez ilçeler oluşturmaktadır.

Tablo 2. Erzurum ili İlçe Nüfus Sayıları (TÜİK, 2021)

İlçe	Toplam Nüfus	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu
Yakutiye	187.249	89.957	97.292
Palanöken	175.920	86465	89.455

Tablo 2. (devamı)

Aziziye	65.133	34.441	30.692
Horasan	37.327	18.961	18.366
Oltu	30.316	15.376	14.940
Pasinler	27.697	14.091	13.606
Karayazı	26.720	13.609	13.111
Hınıs	25.480	12.952	12.528
Tekman	24.631	12.472	12.159
Karaçoban	23.055	11.723	11.332
Aşkale	22.170	11.091	11.079
Tortum	17.545	8.763	8.782
Şenkaya	16.821	8.440	8.381
Çat	16.239	8.441	7.798
İspir	14.955	7.419	7.536
Köprüköy	14.939	7.694	7.245
Narman	12.767	6.379	6.388
Uzundere	7.800	3.913	3.887
Olur	6.367	3.177	3.190
Pazaryolu	3.762	1.897	1.865

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

Tablo 3. Erzurum’da Motorlu Taşıtların Türlerine Göre Sayısı (TÜİK 2022)

Araç Türü	Araç 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

Emisyon salınım gazları içerisinde CO₂ emisyon gazı salınım değerine en fazla sebep olan sektör %95’lik değerle ulaştırma sektörüdür. Ulaştırma sektörü içerisinde ise %85’lik değerle karayolu taşımacılığı CO₂ salınımında birinci sırada yer almaktadır (Öztürk 2010). Tablo 4’ de görüldüğü gibi 2017 yılından sonra CO₂ emisyon oranının azalması gelişen

teknoloji ile birlikte yeni araçların daha çevreci olması, yakıt ücretlerinin artması, karayoluna alternatif ulaşım kaynaklarının bulunması, yasal sorumluluklar ve çalışmalar gibi faktörler sebep olmuştur. (Pekin 2006)

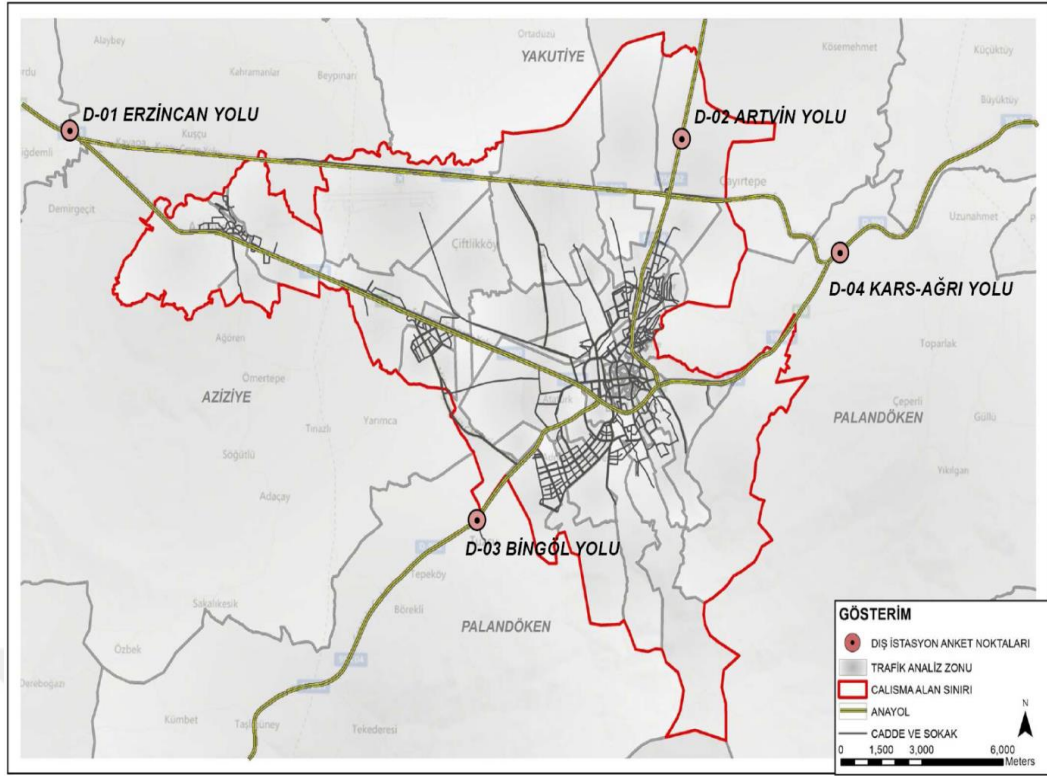
Tablo 4. Yıllara Göre CO2 Emisyon Ölçüm Sonuçları (TÜİK 2019)

Yıllara Göre CO2 Emisyon Oranları (1990-2012)							
Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
Emisyon Miktarları	26 250,8	33 180,0	35 490,2	41 043,8	44 382,6	46 366,8	61 248,5
Yıllara Göre CO2 Emisyon oranları (2013-2019)							
Yıllar	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Emisyon Miktarları	67 478,1	72 084,3	74 271,6	80 207,8	82 953,4	82 787,8	80 745,0

Erzurum İlindeki Kent İçi Ulaşımın Mevcut Yapısı

Erzurum ili adrese dayalı nüfus kayıt sisteminin 2021 verilerine göre toplam 756.893 kişiye ev sahipliği yapmaktadır. Erzurum ilinde minibüs hatlarının çalıştığı 2 adet merkez ilçe bulunmaktadır. Palandöken ilçesi nüfusu 175.920 olup, Yakutiye ilçesi nüfusu ise 187.249 kişiye ev sahipliği yapmaktadır. Kent arazi büyüklüğü olarak ele alındığında Türkiye'nin en büyük 4. İlidir ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde ise 1. sırada yer almaktadır.

Erzurum ili Artvin, Erzincan, Ağrı, Bingöl, Bayburt, Rize ve Kars illerinin geçiş güzergâhında bulunmaktadır. Bu önemli kavşak noktasında bulunan ilin kent içi karayolu trafiğince trafik yükü yoğun olmaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü 2021 araştırmalarına göre devlet yollarında ülkemizin yıllık taşıt/km ve yolcu/km değerlerinde sırasıyla 1.626.315 ve 3.766.505 bir trafik yüküyle beraber, Erzurum ili ülkemizin %2'lik bir taşıt/km ve yolcu/km trafik yüküne sahiptir. Bu yoğunluk ve nüfusa sahip şehrin yolculuk ihtiyacı düşünüldüğünde kentin ulaşım problemi fazla olacaktır. Şehirde özel araç kullanımını ve şehrin trafik yükünü azaltmak için ulaşım ihtiyacına sahip kişilerin şehir içi toplu taşıma hatlarını tercih etmeleri ülkemiz adına büyük bir önem arz etmektedir.



Şekil 11. Erzurum genel ulaşım yapısı (EUAP 2012)

Toplu taşıma kullanım oranının artırılması sürdürülebilir bir ulaşım politikası sergilemek ile mümkündür. Gelir miktarının artması, özel araç kullanımını ve özel araç sahipliğine olan talebi arttırmıştır. Ulaşım ihtiyacına sahip olan kişilerin toplu taşıma kullanımına teşvik edilebilmesi için kullanıcının optimal seviyede yolculuk talep ve isteklerinin karşılanması gerekmektedir.

Kentlerdeki trafik ve ulaşım sorununu kapasitesi yüksek yeni yollar yaparak çözülemeyeceği bellidir. Bu yüzden kent merkezinde özel araç kullanımını azaltmak insanların toplu taşıma kullanmasına yardımcı olacaktır. Toplu taşıma kullanımının artması toplumda ekonomik, sosyal ve kültürel olarak gelişimi olumlu etkileyecek ve kentin sahip olduğu trafik ve ulaşım sorununu azaltacaktır. (Büyükbş 2016)

Ulaşım ihtiyacında bulunan yolcuların araç kullanımı hava kirliliği oluşturmaktadır. Araçların salınım yaptığı egzoz gazları hava kirliliğini arttırmakla beraber küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Özel araç kullanımının artması sonucu artan hava kirliliğinin bir nebze azaltılabilmesi için özel araç kullanımının azaltılması ve toplu taşıma kullanım oranının artırılması gerekmektedir. Kent içinde yolculuk ihtiyaçlarını araçlarla karşılayan insanların toplu taşımaya teşvik edilmesi kentte oluşan hava kirliliğini azaltacaktır.

Türkiye’de ulaştırma sektöründe %16,33 lük oranla sera gazı üretilmektedir. Bu pay içerisinde en fazla oranda karayolu ulaşımına aittir. Toplu taşıma kullanımının artması ile birlikte bu sera gazı oluşumu azaltılabilmektedir (Topçu 2008).

Erzurum İlindeki Kent İçi Toplu Taşımanın Mevcut Yapısı

Erzurum ‘da lastik tekerlekli toplu taşıma araçları ile toplu taşıma ihtiyacı karşılanmaktadır. Kentin toplu taşıma sisteminde, 41 güzergâhta 68 Erzurum Büyükşehir Belediyesine bağılı otobüs, 139 özel halk otobüsü, 7 Enerji AŞ’ye bağılı otobüs ve 95 minibüs aracıyla toplamda 309 toplu taşıma aracı hizmet verilmektedir. (EUAP 2019)

Erzurum kent içi toplu taşıma sisteminde işletmeleri kontrol eden ve planlayan Erzurum Büyükşehir Belediyesine bağılı Ulaşım Daire Başkanlığı çerçevesinde Toplu Ulaşım Şube Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Bundan dolayı kentte büyük oranda kurumsal işletmecilik yapılmaktadır. Özel halk otobüsü, Erzurum Büyükşehir Belediyesi ve Enerji AŞ. Ye bağılı otobüsler kurumsal işletmeciliğe dahil iken 6 adet minibüs hattına bağılı minibüs araçları ise özel oda işletmeciliğı yapılmaktadır.

Erzurum’da kurumsal işletmecilik kapsamında toplu taşıma otobüs işletmeciliğinde havuz sistemi, kamera sistemi, kartla ödeme sistemi mevcuttur. Otobüs işletmelerin kurumsallaşması çerçevesinde olumsuz rekabet, toplu taşıma sistemlerinden kaynaklanan trafik sorunları azalmakta, şoför ile yolcu arasında tartışmalar azalmaktadır. Böylece sistemde gelir adaleti sağlanmakta, verimlilik yükselmekte ve konfor artmaktadır.



Şekil 12. Erzurum toplu taşıma işletmecilik dağılım oranları

Erzurum’da EUAP 2012 yılında yapılan anketler çerçevesinde insanların kentteki yolculuk ihtiyaçlarını ulaşım türü olarak karşılama oranları tablo da gösterilmiştir.

Tablo 5. Erzurum’da Kullanılan Ulaşım Türlerine Göre Yolculuk Dağılımları

Ulaşım Türü	Yolculuk Sayısı	%
Özel Araç	137.724	22,5
Servis	57.775	9,4
Toplu Taşıma	132.134	21,6
Yaya	284.867	46,5

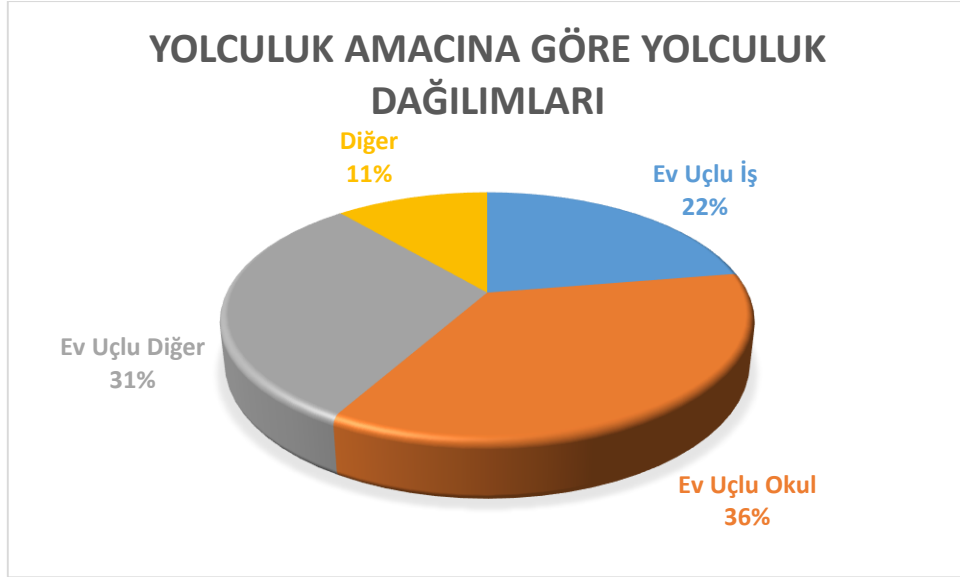
**Şekil 13.** Erzurum’da Kullanılan Ulaşım Türlerine Göre Yolculuk Dağılımları

EUAP 2012 çalışması sırasında yapılan çalışma çerçevesinde yaya yolculukların %47 ile birinci sırada olduğu görülmektedir. Servis yolculuklarının %9, toplu taşıma kullanım oranının %22’lik değer ile özel araç kullanım oranıyla aynı değerde olduğu belirlenmiştir.

Erzurum Büyükşehir Belediyesi tarafından 2014 yılında Erzurum ulaşım ana planında yapılan anket çalışmasında yolculuk amacına göre yolculuk sayıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6. Erzurum İlinde Yolculuk Amacına Göre Yolculuk Oranları

Yolculuk Amacı	Yolculuk Sayısı	%
Ev Uçlu İş	187.513	22,4
Ev Uçlu Okul	218.998	35,8
Ev Uçlu Diğer	137.194	30,6
Diğer	68.795	11,2



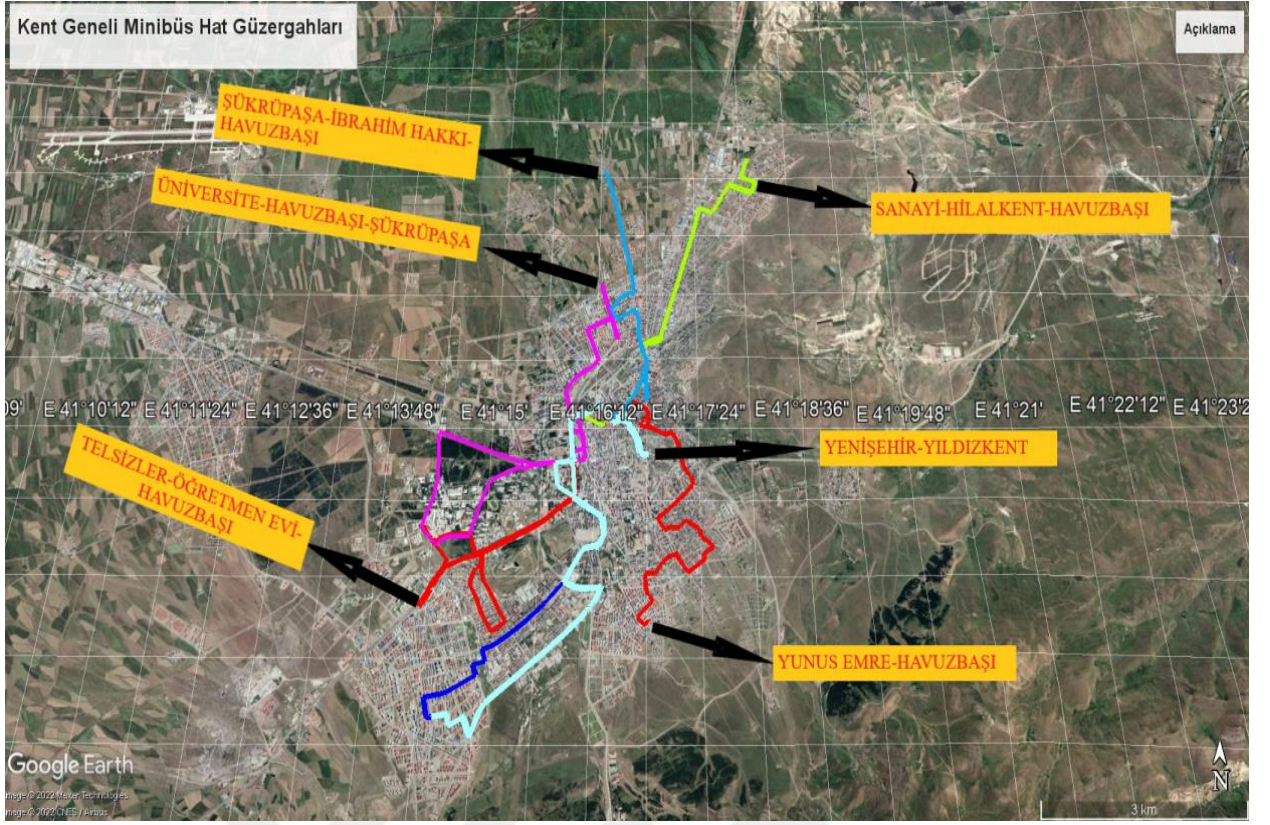
Şekil 14. Erzurum İlindeki Yolculuk Amacına Göre Yolculuk Dağılımları

EUAP 2012 çalışması sırasında yapılan araştırma esnasında ev uçlu okul yolculuklarının %35,8 ile birinci sırada olduğu belirlenmiştir. Yolculukların ev uçlu olmayıp diğer kategoride yer alan bölümü ise %11’lik sıralama ile son sırada yer almaktadır.

Erzurum minibüs hatları

Erzurum ilinde aktif olarak toplu taşımacılık yapan 6 adet minibüs hattı bulunmaktadır. Bu hatlar kurumsal işletmeciliğe bağlı olmayıp Erzurum Esnaf ve Sanatkarlar Odasına kayıtlı birer dernek işletmeleridir. Kurumsal bir işletmeye bağlı olmamalarına rağmen EBB Ulaşım Daire Başkanlığı tarafından güzergâhları denetlenmektedir. Çalışma süreleri, sefer süreleri, sefer aralıkları gibi parametreleri hattı kullanan yolcu istekleri ve gereklilikleri neticesinde yapılmaktadır.

Erzurum’da bulunan minibüs hatları özel işletme olmasına rağmen şehirde bulunan bütün konut merkez bölgelerine ulaşmaktadır. Kentin konut bölgelerinden şehir merkezi, merkezde bulunan iş merkezlerine ve hastane bölgelerini kapsamı altına almıştır.



Şekil 15. Erzurum minibüs hat güzergâhları

Yöntem

Karar verme süreci

Karar verme, gelişen ve sürekli değişim gösteren dünya düzeni ile insanın günlük hayatta ve uzun vadede en çok yaptığı bir seçim problemidir. Karar verme insanoğlunun düşünce yapısındaki değişim ve gelişim ile birlikte paralel olarak artan bir yapıdır. Temelde sadece bir amacı gerçekleştirmek için alınan kararlar zaman ile gelişen düşünce ve kavrayış doğrultusunda birden fazla amaca hizmet etmeye yönelik bir ilerleyiş göstermiştir (Turanlı ve Köse 2005).

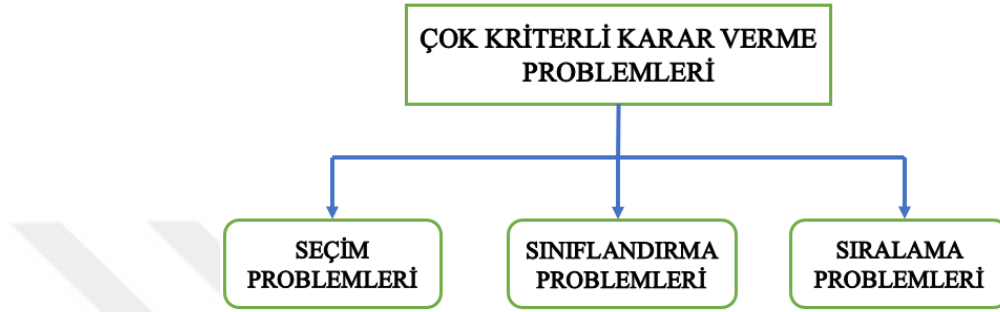
Karar verme, strateji, amaç ve hedeflerin bir sistem çerçevesinde algılanmasını gerektirmektedir. Belirlenen hedeflere ulaşmak için izlenmesi gereken süreçler, ilerleyen ve gelişen bilgi ile iletişim teknolojileri vb. koşullarına göre en optimal olanı belirlemek amacıyla kullanılan çeşitli analiz, yaklaşımlar ve yöntemler bulunmaktadır. Karar verme sürecine analitik olarak yaklaşabilmek için kararı oluşturan temel unsurların önceden belirlenmesi gerekmektedir (Özbek 2017).

Çok kriterli karar verme

Çok kriterli karar verme, karar verme sürecine katkı sağlamak için geliştirilmiş yöntemler topluluğudur. Çok kriterli karar verme, bir amaca yönelik belirli nicel veya nitel

kriterlere sahip olup farklı özelliklere sahip birden fazla seçeneği seçmek, sıralamak veya sınıflandırmak için sistem çerçevesinde kullanılan yöntemler bütünüdür (Özbek 2017). Bir problemin çok kriterli karar verme problemi olabilmesi için gerekli şart problemin birden fazla kriterle sahip olması, yeter şart ise kriterlerin çelişmesi ve çakışmasıdır. Çok kriterli karar verme yöntemleri en iyi performansa sahip alternatifleri belirlemede veya performans skorlarına göre en iyi alternatiften en kötüye doğru sıralamada kullanılabilmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri üç başlıkta incelenebilir (Vassilev *et al.* 2005).



Şekil 16. Çok kriterli karar verme problem sınıflandırması

Seçim problemleri

Uzlaşık çözüm olarak alternatiflerin birbirleriyle kıyaslaması sonucu en tatmin edici sonucun bulunması problemidir.

Sınıflandırma problemleri

Önceden tanımlanmış kategorilere seçenekler atanarak birbirine yakın alternatiflerin değerlendirilmesi problemidir.

Sıralama problemleri

Seçeneklerin en iyiden en kötüye doğru mümkün oldukça tam veya kısmi bir sıralamasının yapılması problemidir.

Bu çalışmada ulaştırma sektörünün de içinde bulunduğu birçok sektör ve çalışmada en çok tercih edilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi

Analitik hiyerarşi prosesi Thomas L. Saaty tarafından 1970 yılında geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan bir matematiksel yöntemdir. Saaty ve Niemira (2006) karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri

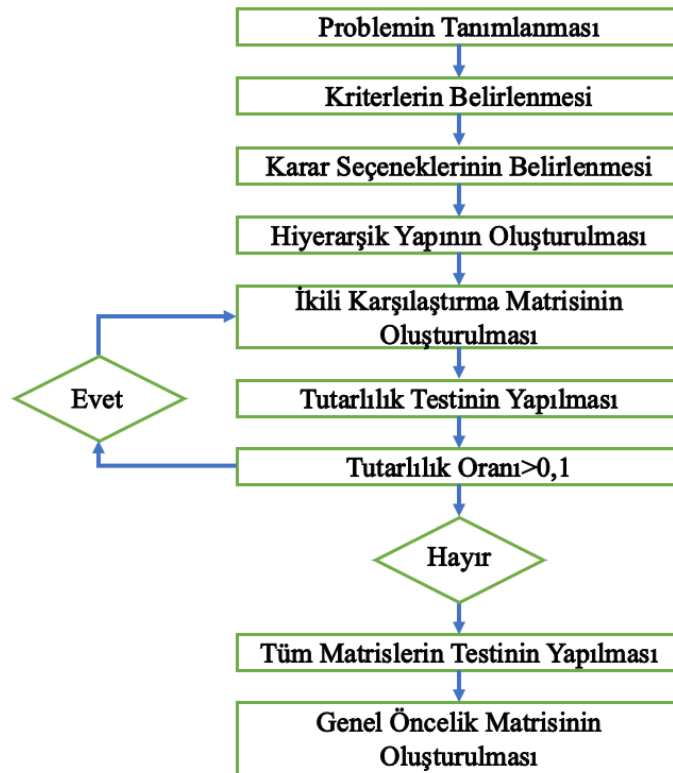
arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHP’de amaç belirlendikten sonra bu amaca yönelik bu amacı etkileyen kriterler ve bu kriterlere ait eğer varsa alt kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Kriterler belirlenirken bu amaç doğrultusunda bilgi sahibi olan uzman kişiler, kurumlar, kuruluşlar, anket çalışmaları ve bilim insanlarının çalışmalarından yararlanılır. AHP yöntemi karar alma sırasında nitel ve nicel verileri değerlendirilebilen topluluk ve bireylerin tercihlerini, deneyimlerini, bilgilerini, sezgilerini, düşünce ve olgularını da karar verme sürecine dahil edebilen bir yöntemdir (Özbek 2017)

AHP yönteminin Saaty tarafından belirlenen aksiyomları şunları (Saaty 1986):

- Aksiyom 1: Eğer i. Kriterin j. Kritere göre önem derecesi a_{ij} ise j. kriterin i. Kritere olan önem derecesi a_{ji} değeri $1/a_{ij}$ ‘dir.
- Aksiyom 2: İkili karşılaştırmalarda x ve z kriterlerinden biri diğerine göre sonsuz önem üstünlüğüne sahip olamaz.
- Aksiyom 3: Karar seçenekleri ve kriterler birbirlerinden bağımsızdırlar.
- Aksiyom 4: Karar problemi hiyerarşik yapıda oluşturulabilir.

AHP yöntemi işlem adımları

Bir karar verme probleminin AHP ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken adımlar tanımlanmıştır.

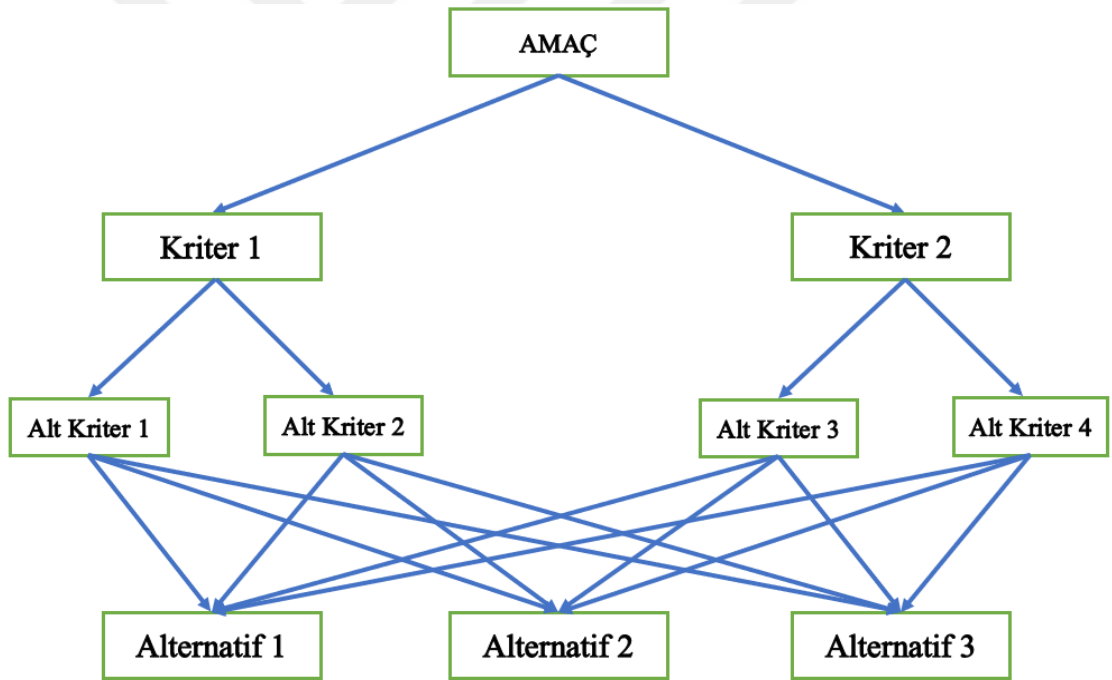


Şekil 17. AHP yöntemi işlem adımları şeması

Adım 1: Problem çözülebilecek alt kademeler oluşturularak problem tanımlanarak çözüm algoritması oluşturulur. Bu aşamada karar için gerekli kriterler belirlenip ve kriter öncelikleri belirlenir.

Adım 2: Hiyerarşik yapı belirlenirken hiyerarşinin en üst basamağında problemin amacı yer alır. Amaçtan sonra o amaca ulaşmamız ve amacı en iyi etkileyen bütün kriterler belirlenir ve kriterlerin eğer alt kriteri varsa onlar ise kriterin alt basamağında yer alır. Belirlenen kriter ve alt kriterlerin ise temsil ettiği alternatiflerden oluşur.

Problemi en iyi şekilde temsil eden bir hiyerarşi büyük önem arz etmektedir. Hiyerarşide aynı kademe içerisinde yer alan bütün kriterlerin birbirinden bağımsız oldukları düşünülür. Hiyerarşideki düzey sayısına, problemin kompleksliğine ve problemi bir amaca bağlayabilmek için gerekli karar hiyerarşi oluşturulur. Amacı etkileyecek kriterlerin adedinin ve hiyerarşideki yeri ile konumunun özenle çalışılması, ikili karşılaştırma yaparken tutarlı olması için önemlidir (Saaty 1980; Özbek ve Eren 2013).



Şekil 18. AHP yöntemi genel hiyerarşik model şeması

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisleri ve üstünlüklerin belirtilmesi

Amaç, kriterlerin ve alt kriterler belirlendikten sonra kriter ve alt kriterlerin kendi aralarında önem dereceleri ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmasıdır. AHP yönteminde aşağıda belirtilen a_{11} ve a_{nn} değerleri 1 değerini alırken, a_{n1} değeri ise $1/a_{1n}$ değerini alır.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

a_{1n} değeri 1. kriterin n. kritere olan önem derecesini gösterir. Yani 1. kriterin n. kritere göre ne oranda tercih edileceğini belirtir. Seçeneklerin karşılaştırması, her bir kritere göre farklı farklı değerlendirilir. Değerlendirmeler sonucunda ise ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

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

Tablo 7. İkili Karşılaştırma Ölçeği

KARŞILAŞTIRMA ÖLÇEĞİ		
Önem Değeri	Değer Tanımı	Açıklama
1	Eşit Önemde	Her iki değerde 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 kritere göre kesinlikle çok daha fazla önemli
8	Çok Güzlü Artı	
9	Son Derece Önemli	Bir kriterin diğer kritere göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır.

Adım 4: İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi

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

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

Adım 5: Kriter ağırlıklarının bulunması

Normalize matrisin her bir sütun toplamı 1'e eşittir. Normalize matrisin aşağıdaki denklem 2 eşitliği kullanılarak her bir satır toplamı matrisin boyutuna bölünmesi ile kriter ağırlıkları bulunur.

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

Adım 6: 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.

Öz vektör:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right] \quad (3)$$

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. Random indeksi tablosu;

Tablo 8. Örneklem Sayısına Göre Random İndeksleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	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

Adım 7: Önem ağırlıklarının bulunması ve alternatiflerin sıralanması

Kriterlerin değerlendirilmesi için uygulanan bu adımlar alternatiflerin değerlendirilmesi için de kullanılır. Kriter önem ağırlıkları ile her kriter için bulunan alternatiflerin önem ağırlıklarının matris çarpımı sonucunda elde edilen karar alternatif puanları büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralaması en büyük değere sahip olan alternatif, en iyi alternatiftir denir (Özbek 2017).

Yaptığımız çalışmada ayrı ayrı olarak 10 kriter ile ve Erzurum' da bulunan 6 farklı minibüs hattının seçenek olarak sunulduğu çevre, işletmeci ve kullanıcı görüşlerinin senaryo olarak kullanıldığı minibüs performansları çalışılmıştır. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan ve uygulayıcıların deneyim, bilgi ve sezgileri gibi karar süreçlerini tutarlılık oranı ile destekleyerek karar vericiye matematiksel bir çözüm sunan AHP yöntemi kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmada 2019 ulaşım master planından aldığımız veriler olan sefer süresi, yolcu sayısı, kalabalıklık faktörü, hat gecikmeleri ve durak sayı verilerini alınmıştır. Erzurum şehir merkezinde çalışan 6 adet minibüs hattı olan Telsizler- Havuzbaşı, Yenişehir- Tebrizkapı, Sanayi- Havuzbaşı, Şükrüpaşa- Havuzbaşı, Üniversite-Havuzbaşı ve Yunus Emre- Havuzbaşı minibüs hatları durak başkanları ve şoförleri ile yapılan görüşmeler sonucunda araç sayısı, sefer süresi, sefer uzunluğu, günde yapılan toplam km, hizmet verilen süre ve egzoz muayene sonuçları gibi verileri elde edilmiştir. Bu verileri Excel tablosuna aktararak AHP yönteminin yöntem adımlarını uygulanmıştır. AHP adımlarının uygulayabilmemiz için ilk olarak ham verileri 9’lu Saaty ölçeğine göre ikili karşılaştırma yapılmıştır. Tüm bu ölçeklendirme ve puanlama işlerinin yaparken ise uzman kişilerin deneyim, bilgi ve sezgilerinden faydalanılmıştır.

Çalışmanın metodolojisi aşağıdaki akış şemasında belirtilmiştir.

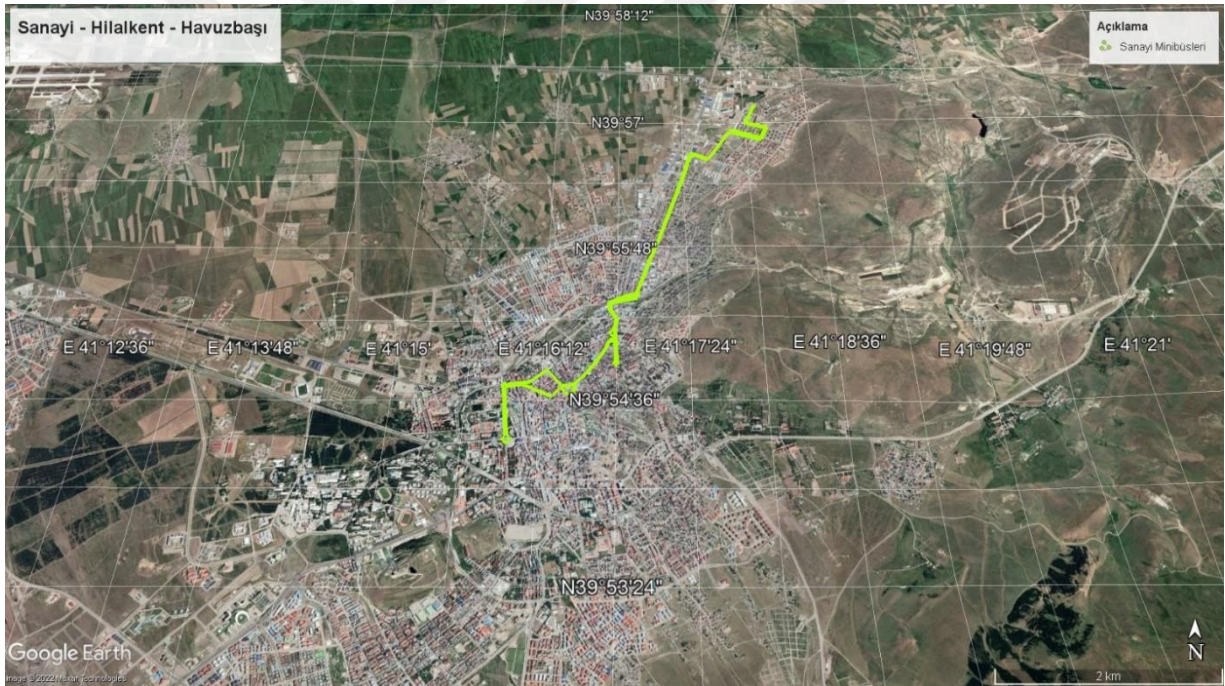


Şekil 19. Akış şeması

Minibüs Hatları ve Güzergâhları

Sanayi minibüs hattı 20 km'lik hat uzunluğuna sahip olup hat başlangıç noktası $39^{\circ}57'12''$ kuzey boylamı, $41^{\circ}18'07''$ doğu boylamları arasında yer alıp 1776 m yükseklikte rakım ile hat seferine başlayıp Havuzbaşı istikametine doğru hat güzergâhında ilerlemektedir. $39^{\circ}54'24''$ Kuzey boylamı, $41^{\circ}15'56''$ doğu boylamında bulunan Havuzbaşı bölgesinde geri dönüş istikametine başlamaktadır.

Sanayi minibüs hattında aktif olarak çalışan 23 araç bulunmaktadır. Bu hatta çalışan araçların sefer süresi 60 dakika olup sefer uzunluğu 20 kilometredir. Bu hat, kullanıcılarına 1020 dakikalık bir hizmet süresi sunmaktadır. Bir araç günlük 225 km hat güzergâhında görev almaktadır. Bu hat Erzurum Yakutiye ilçesi Kurtuluş Mahallesi Erol Türk Caddesinde bulunan başlangıç istasyon duraklarından sefere başlayıp Sanayi mevkinde bulunan Endüstri caddesi, Gürcükapı mevkinde bulunan Orhan Şerifsoy caddesi güzergâhlarından geçip Havuzbaşı mevkinde doğru ilerlemektedir.

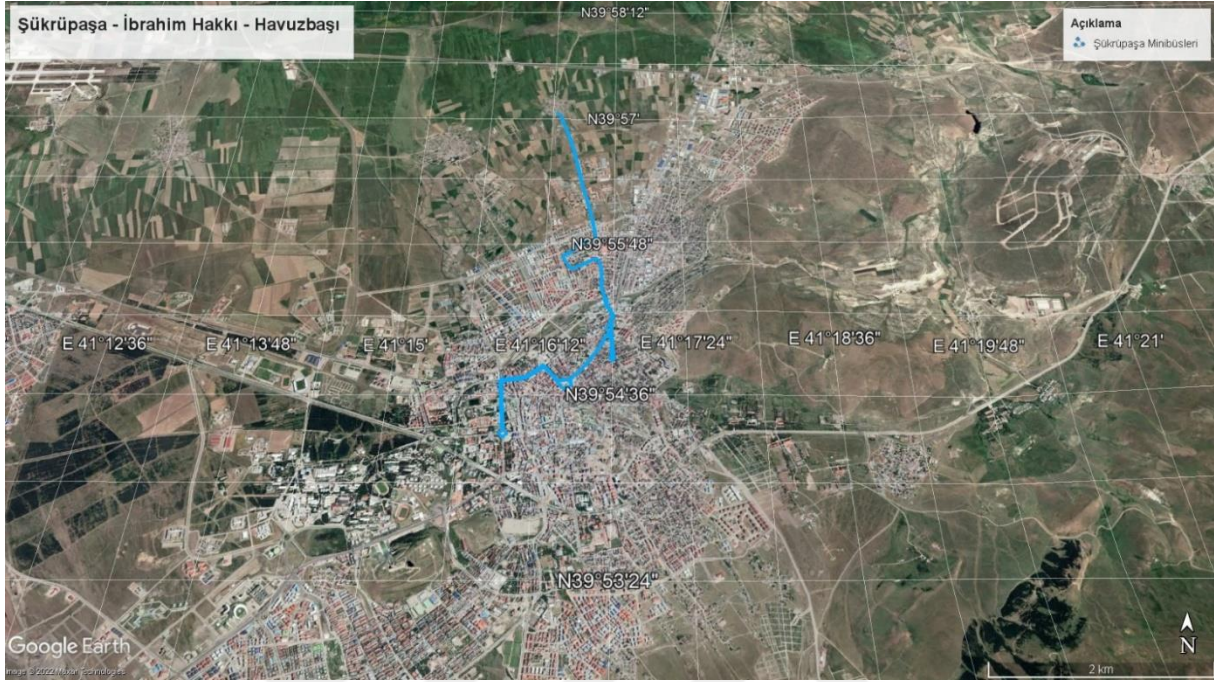


Şekil 20. Sanayi, Hilalkent, Havuzbaşı minibüs hat güzergâhı

Şükrüpaşa minibüs hattı 15 km'lik hat uzunluğuna sahip olup hat başlangıç noktası $39^{\circ}57'03''$ kuzey boylamı, $41^{\circ}16'14''$ doğu boylamları arasında başlayıp Havuzbaşı istikametine doğru hat güzergâhında ilerlemektedir. $39^{\circ}54'24''$ Kuzey boylamı, $41^{\circ}15'56''$ doğu boylamında bulunan Havuzbaşı bölgesinde geri dönüş istikametine başlamaktadır.

Şükrüpaşa minibüs hattında 4 araç bulunmaktadır. Hatta hizmet eden araçlar 15 kilometrelik güzergâhta ilerlemektedirler. Sefer süreleri 50 dakika olup herhangi bir başlama istasyonu gibi bir durakları bulunmamaktadır. Bu hat yolcularına günlük 975 dakika hizmet

vermektedir. Bu hat Yakutiye ilçesi İbrahim Hakkı mahallesinden hat güzergâhında ilerleyip Şih Köyü caddesi, Kongre caddesi, Orhan Şerifsoy caddesi, Hastaneler caddesinden geçip Havuzbaşı mevkinden tekrar geliş istikametinde ilerlemektedir.



Şekil 21. Şükürpaşa, İbrahim Hakkı, Havuzbaşı minibüs hattı güzergâhı

Telsizler minibüs hattı 18 km'lik hat uzunluğuna sahip olup hat başlangıç noktası $39^{\circ}54'40''$ kuzey boylamı, $41^{\circ}16'22''$ doğu boylamları arasında başlayıp Telsizler ve Erzurum Şehir Hastanesi istikametine doğru hat güzergâhında ilerlemektedir. Telsizler bölgesinde geri dönüş istikametine başladığı Orhan Şerifsoy caddesine geri dönmektedir.

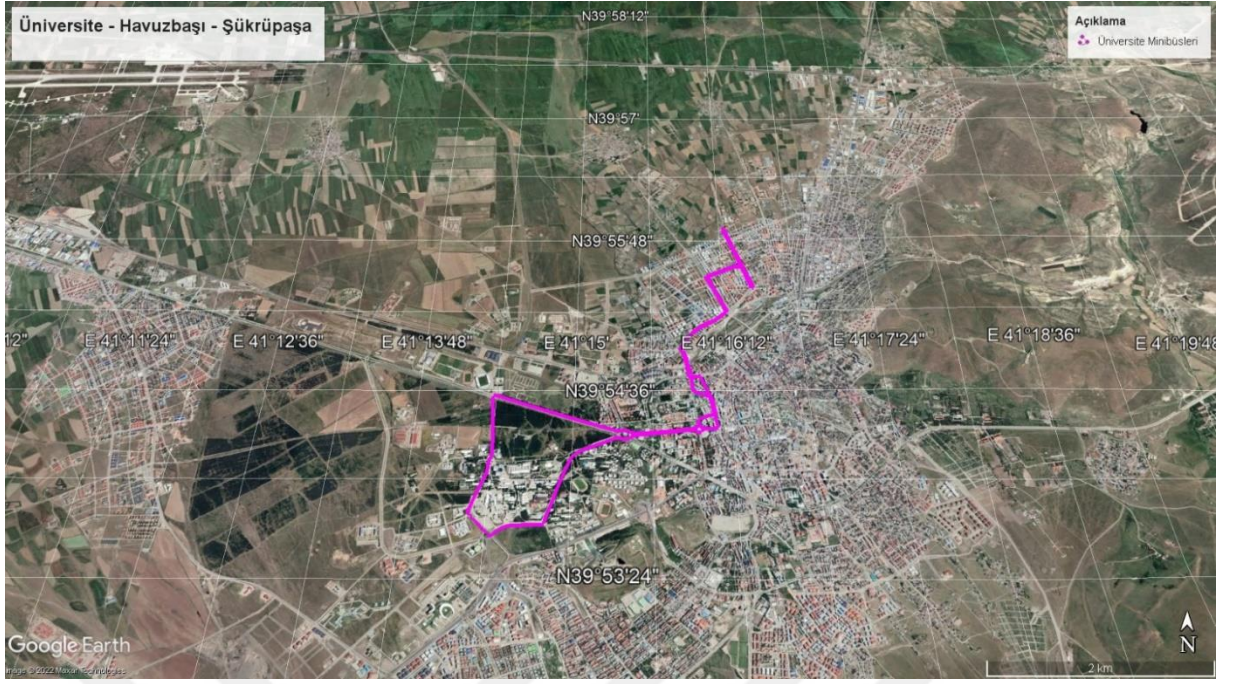
Telsizler minibüs hattında 2 araç bulunmaktadır. Hatta hizmet eden araçlar 18 kilometrelik güzergâhta ilerlemektedirler. Sefer süreleri 40 dakika olup herhangi bir başlama istasyonu gibi bir durakları bulunmamaktadır. Bu hat yolcularına günlük 900 dakika hizmet vermektedir. Bu hat Gürcükapı mevkinde bulunan Orhan Şerifsoy caddesinden başlayıp hat güzergâhında ilerleyerek Hastaneler caddesi, Refik Saydam caddesi, Erzurum Şehir Hastanesinden geçip tekrar Orhan Şerifsoy caddesi istikametinde ilerlemektedir.



Şekil 22. Telsizler, Öğretmen Evi, havuzbaşı minibüs güzergâhı

Üniversite minibüs hattı 17 km'lik hat uzunluğuna sahip olup hat başlangıç noktası $39^{\circ}54'54''$ kuzey boylamı, $41^{\circ}16'13''$ doğu boylamları arasında başlayıp Çaykara caddesi ve Atatürk Üniversitesi istikametine doğru hat güzergâhında ilerlemektedir. Atatürk Üniversitesi'nde geri dönüş istikametine başlamaktadır ve Şükrüpaşa Adembaba caddesine geri dönmektedir.

Üniversite minibüs hattında 24 araç bulunmaktadır. Hatta hizmet eden araçlar 17 kilometrelik güzergâhta ilerlemektedirler. Sefer süreleri 52 dakikadır. Bu hat Erzurum Yakutiye ilçesi Şükrüpaşa mevki Adembaba caddesinde bulunan başlama istasyonundan harekete başlamaktadır. Bu hat yolcularına günlük 930 dakika hizmet vermektedir. Bu hat Şükrüpaşa mevkinde bulunan Adembaba caddesinden başlayıp hat güzergâhında ilerleyerek Çaykara caddesi, Cemal Gürsel caddesi ve Üniversite istikametinden geçip tekrar başlangıç noktasına geri dönmektedir.



Şekil 23. Üniversite minibüs hattı güzergâhı

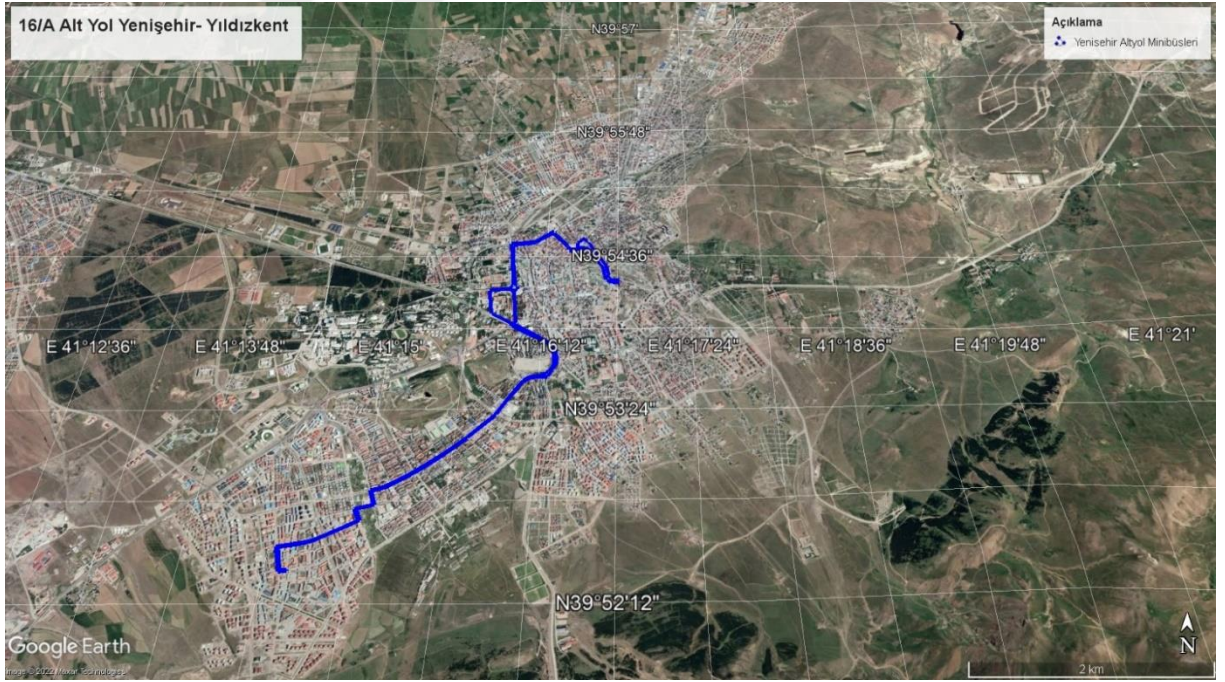
Yenişehir minibüs hattı 17 km'lik hat uzunluğuna sahip olup hat başlangıç noktası $39^{\circ}54'23''$ kuzey boylamı, $41^{\circ}16'49''$ doğu boylamları arasında başlayıp Yenişehir-Yıldızkent istikametine doğru hat güzergâhında ilerlemektedir. Yıldızkent bölgesinde geri dönüş istikametine başladığı Tebrizkapı bölgesine geri dönmektedir. Yenişehir-Yıldızkent minibüs hattı Yenişehir, Yıldızkent bölgesinde iki farklı hat gibi 16/A ve 16/B olarak iki farklı güzergâhta ilerlemektedir. Hattın istasyonu aynı olup araçlar da vardiya şeklinde bu hatlarda çalışmaktadır.

Yenişehir minibüs hattında 33 araç bulunmaktadır. Hatta hizmet eden araçlar 17 kilometrelik güzergâhta ilerlemektedirler. Sefer süreleri 67 dakikadır. Bu hat Erzurum Yakutiye ilçesi Tebrizkapı mevki Karskapı caddesinde bulunan başlama istasyonundan harekete başlamaktadır. Bu hat yolcularına günlük 1020 dakika hizmet vermektedir. Bu hat Tebrizkapı mevkinde bulunan Karskapı caddesinden başlayıp hat güzergâhında ilerleyerek Ceditler caddesi, Orhan Şerifsoy caddesi, Hastaneler caddesi, Yavuz Sultan Selim bulvarı ve Yıldızkent istikameti doğrultusunda güzergâhına devam edip tekrar başlangıç noktasına geri dönmektedir.



Şekil 24. Yenişehir üst yol minibüs hattı güzergâhı

Hat iki güzergâh kullanmaktadır. Bu güzergâhlar yenişehir alt yol ve üst yol olarak Yavuz Sultan Selim bulvarında ayrılmaktadır.



Şekil 25. Yenişehir alt yol minibüs hattı güzergâhı



Şekil 26. Yenişehir minibüs hattı genel güzergâhı

Yunus Emre minibüs hattı 12 km'lik hat uzunluğuna sahip olup hat başlangıç noktası $39^{\circ}53'05''$ kuzey boylamı, $41^{\circ}16'49''$ doğu boylamları arasında yer alarak hat seferine başlayıp Havuzbaşı istikametine doğru hat güzergâhında ilerlemektedir. $39^{\circ}54'24''$ Kuzey boylamı, $41^{\circ}15'56''$ doğu boylamında bulunan Havuzbaşı bölgesinde geri dönüş istikametine başlamaktadır.

Yunus Emre minibüs hattında 9 araç bulunmaktadır. Hatta hizmet eden araçlar 12 kilometrelik güzergâhta ilerlemektedirler. Sefer süreleri 56 dakikadır. Bu hat Erzurum Palandöken ilçesi Kayakyolu mevki Fatih sokakta bulunan başlama istasyonundan harekete başlamaktadır. Bu hat yolcularına günlük 1020 dakika hizmet vermektedir. Bu hat Kayakyolu mevkinde bulunan Fatih sokaktan başlayıp hat güzergâhında ilerleyerek Yunus Emre, Kayakyolu mevkisini güzergâhında dolaştıktan sonra E80 karayolundan Mahallebaşı istikametinde oradan da Orhan Şerifsoy caddesine ilerlemektedir. Havuzbaşı son durağı olan hattın, tekrar aynı güzergâhta başlangıç yerine dönmektedir.

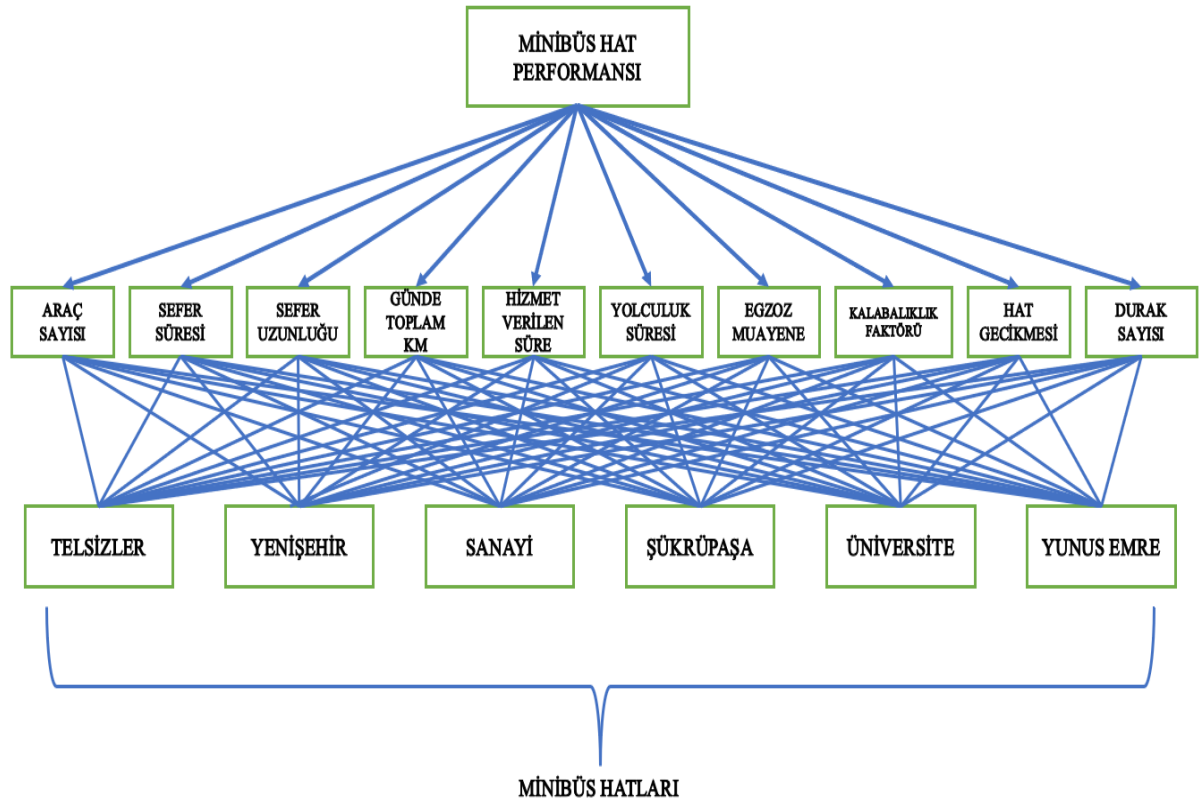


Şekil 27. Yunus Emre, Havuzbaşı minibüs hattı güzergâhı

Hiyerarşik modelin oluşturulması

Minibüs hatlarının performanslarının belirlenebilmesi için 3 farklı bakış açısından 10 farklı kriter ile birlikte 6 alternatif değerlendirilmiştir. Bu ölçütler kullanılarak Erzurum'da bulunan minibüs hatlarının etkinliğini bulabilmek için hiyerarşik bir model oluşturulmuştur.

Problemi en iyi yansıtacak bir hiyerarşi modeli belirlemek için hiyerarşide aynı kademede bulunan bütün kriterlerin birbirinden bağımsız olacakları şekilde problemin amacı olan işletmeci, kullanıcı ve çevre açısından en performanslı çalışan hattı bulmak için elde edilen verilerle hiyerarşik bir düzen belirlenmiştir.



Şekil 28. Minibüs Hatları AHP yöntemi hiyerarşik modeli

Şekil 30’da görüldüğü gibi araç sayısı, sefer süresi, sefer uzunluğu, bir aracın günde yaptığı toplam kilometre, hatta kullanıcılara verilen hizmet süresi, hatta sayımlar çerçevesinde yapılan yolculuk sayıları, her yıl yapılan egzoz muayene sonuçları, kalabalıklık faktörü, hattın seferde yaptığı gecikmelerin standart sapması ve durak sayıları ölçüt olarak kullanılmış olup minibüs hatları ise problem için alternatif olarak alınmıştır.

Kalabalıklık faktörü, bir toplu taşıma aracında araç içerisindeki toplam yolcu sayısının aracın yolcu kapasitesine bölünmesi ile bulunur. Bu değer 1 değerine yaklaştıkça araç optimal seviyede yolcu taşıdığı görüşünde bulunula bilinir. Kalabalıklık faktörünün 1 değerinden büyük olması durumunda araçta yolcu kapasitesinden daha fazla yolcu taşındığı ve konforun düşük olduğu söylenir. Fakat 1 değerinden küçük olursa aracın yolcu kapasitesinden daha az bir yolcu taşındığı ve buna bağlı olarak aracın maliyet olarak zararda olduğu söylenir. (Kutlu 1975)

İkili karşılaştırma yapılırken Saaty’nin ikili karşılaştırma skalası kullanılmıştır.

Tablo 9’da görüldüğü gibi uzman görüşlerinden faydalanılarak kullanıcı bakış açısı ile kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Kullanıcı bakış açısıyla değerlendirme yapılırken toplu taşıma araçlarından yolcuların hizmet kalitesini etkileyen kriterlerin öncelik skorlarının fazla olduğu belirlenmiştir.

Tablo 9. Kullanıcı Bakış Açısıyla Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

KULLANICI BAKIŞ AÇISIYLA KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI										
	ARAÇ SAYISI	SEFER SÜRESİ	SEFER UZUNLUĞU	GÜNDE TOPLAM KM	HİZMET VERİLEN SÜRE	YOLCU SAYISI	EGZOS MUAYENE (Kort)	KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	HAT GECİKMESİ	DURAK SAYISI
ARAÇ SAYISI	1,00	1,00	1,00	5,00	3,00	7,00	9,00	3,00	0,33	3,00
SEFER SÜRESİ	1,00	1,00	5,00	5,00	3,00	5,00	9,00	3,00	0,20	3,00
SEFER UZUNLUĞU	1,00	0,20	1,00	5,00	3,00	5,00	9,00	3,00	0,33	3,00
GÜNDE TOPLAM KM	0,20	0,20	0,20	1,00	0,33	3,00	1,00	0,14	0,11	0,20
HİZMET VERİLEN SÜRE	0,33	0,33	0,33	3,00	1,00	3,00	9,00	0,20	0,11	0,33
YOLCULUK SAYISI	0,14	0,20	0,20	0,33	0,33	1,00	3,00	0,14	0,11	0,33
EGZOS MUAYENE	0,11	0,11	0,11	1,00	0,11	0,33	1,00	0,20	0,11	0,20
KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	0,33	0,33	0,33	7,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00
HAT GECİKMESİ	3,00	0,33	3,00	9,00	9,00	9,00	9,00	1,00	1,00	5,00
DURAK SAYISI	0,33	0,33	0,33	5,00	3,00	3,00	5,00	0,20	0,20	1,00

Kullanıcı bakış açısıyla kriterlerin ikili karşılaştırılması yapıldıktan sonra her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırması yapılmıştır. İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra her bir kriter için normalize matrisler oluşturulmuştur. Yapılan bu karşılaştırmalar çerçevesinde kriterlerin normalize matrisinde bulunan kriter ağırlığı ile o kriter için alternatiflerin normalize matrisindeki kriter ağırlığı çarpılarak alternatif için kriter skorları bulunmuştur. Tablo 10’da verilen alternatif için kriter puanları toplanarak alternatifin son skoru elde edilmiştir. Elde edilen bu son skorlara göre kullanıcı bakış açısında alternatiflerin nihai sıralamaları Tablo 10’da yapılmıştır.

Tablo 10. Kullanıcı Bakış Açısıyla Alternatiflerin Son Sıralaması

MİNİBÜS HAT SON SIRALAMA												
HAT ADI	ARAÇ SAYISI	SEFER SÜRESİ	SEFER UZUNLUĞU	GÜNDE TOPLAM KM	HİZMET VERİLEN SÜRE	YOLCULUK SAYISI	EGZÖZ MUAYENE (Kort)	KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	HAT GECİKMESİ	DURAK SAYISI	TOPLAM	SIRALAMA
Telsizler-Öğretmen Evi-Havuzbaşı	0,004	0,089	0,007	0,011	0,004	0,001	0,001	0,024	0,013	0,004	0,159	3
Yenişehir-Yıldızkent	0,064	0,006	0,014	0,005	0,011	0,001	0,001	0,005	0,049	0,002	0,157	4
Sanayi-Hilalkent-Havuzbaşı	0,029	0,016	0,004	0,002	0,014	0,002	0,008	0,010	0,093	0,031	0,207	2
Şükrü Paşa-İbrahim Hakkı-Havuzbaşı	0,007	0,024	0,029	0,003	0,006	0,004	0,000	0,026	0,022	0,011	0,133	5
Üniversite-Havuzbaşı-Şükrü Paşa	0,032	0,030	0,013	0,005	0,003	0,010	0,001	0,010	0,006	0,016	0,126	6
Yunus Emre-Havuzbaşı	0,014	0,013	0,059	0,001	0,018	0,006	0,005	0,056	0,043	0,002	0,217	1

Kullanıcı bakış açısına göre hatların performansları sırasıyla Yunus Emre-Havuzbaşı, Sanayi-Hilalkent-Havuzbaşı, Telsizler-Öğretmen Evi-Havuzbaşı, Yenişehir-Yıldızkent, Şükrü Paşa-İbrahim Hakkı-Havuzbaşı ve son olarak Üniversite-Havuzbaşı-Şükrüpaşa minibüs hattı olarak bulunmuştur.

Kullanıcıların hatlar için en çok önemsedikleri kriterlerin sefer süresi ve hat gecikmesi olarak kullanıcılara sonucunun zaman olduğu kriterler belirlenmiştir. Bu zaman kavramının karşılanması hususunda en kötü performansa sahip hattın Üniversite-Havuzbaşı-Şükrüpaşa minibüs hattı olduğu belirlenmiştir. Karşılı (2019) yaptığı çalışmada kullanıcıların ücret tarifelerinden sonra zaman ile ilgili kriter olan sefer süresi kriterinin önemli olduğunu ve sefer süresi ile ilgili yapılacak bir iyileştirmenin sistemin performansını arttıracak olduğunu belirtmiştir.

Tablo 11’de ise kriterler işletmeci bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Kriterleri işletmeci bakış açısıyla değerlendirirken uzman görüşleri dikkate alınmış olup genellikle ekonomik geri dönüşlerin işletmeci bakış açısıyla olması dikkat çekmiştir. Sunulan hizmetin kalitesine paralel olarak ekonomik geri dönüşün sağlanabileceği işletmeciler açısından bilinir. Tablo 11’de verilen kriterlerin ikili karşılaştırmasından görüldüğü gibi en önemli iki kriter yolculuk sayısı

ve kalabalıklık faktörü bulgusuna ulaşılmıştır. Diğer en önemli kriterin yolcuların memnuniyet katsayılarını değiştiren ve hatta bulunan araçların cezalandırılabilirdiği kriter hat gecikmesidir.

Tablo 11. İşletmeci Bakış Açısıyla Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

İŞLETMECİ BAKIŞ AÇISIYLA KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI										
	ARAÇ SAYISI	SEFER SÜRESİ	SEFER UZUNLUĞU	GÜNDE TOPLAM KM	HİZMET VERİLEN SÜRE	YOLCU SAYISI	EGZOS MUAYENE (Kort)	KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	HAT GECİKMESİ	DURAK SAYISI
ARAÇ SAYISI	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,11	3,00	0,11	0,20	0,33
SEFER SÜRESİ	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	0,14	3,00	0,20	0,20	0,33
SEFER UZUNLUĞU	3,00	0,33	1,00	3,00	3,00	0,14	3,00	0,20	0,33	0,33
GÜNDE TOPLAM KM	3,00	0,33	0,33	1,00	0,33	0,14	3,00	0,14	0,33	0,33
HİZMET VERİLEN SÜRE	3,00	0,33	0,33	3,00	1,00	0,14	3,00	0,14	0,33	0,33
YOLCU SAYISI	9,00	7,00	7,00	7,00	7,00	1,00	9,00	1,00	3,00	3,00
EGZOS MUAYENE	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,11	1,00	0,20	0,14	0,14
KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	9,00	5,00	5,00	7,00	7,00	5,00	5,00	1,00	3,00	3,00
HAT GECİKMESİ	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,33	7,00	0,33	1,00	1,00
DURAK SAYISI	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,33	7,00	0,33	1,00	1,00

İşletmeci bakış açısıyla kriterlerin ikili karşılaştırılması yapıldıktan sonra her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırması yapılmıştır. İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra her bir kriter için normalize matrisler oluşturulmuştur. Yapılan bu karşılaştırmalar çerçevesinde kriterlerin normalize matrisinde bulunan kriter ağırlığı ile o kriter için alternatiflerin normalize matrisindeki kriter ağırlığı çarpılarak alternatif için kriter skorları bulunmuştur. Tablo 12’de verilen alternatif için kriter puanları toplanarak alternatifin son skoru elde edilmiştir. Elde edilen bu son skorlara göre işletmeci bakış açısında alternatiflerin nihai sıralamaları Tablo 12’de yapılmıştır.

Tablo 12. İşletmeci Bakış Açısıyla Alternatiflerin Son Sıralaması

MİNİBÜS HAT SON SIRALAMA												
HAT ADI	ARAÇ SAYISI	SEFER SÜRESİ	SEFER UZUNLUĞU	GÜNDE TOPLAM KM	HİZMET VERİLEN SÜRE	YOLCULUK SAYISI	EGZÖZ MUAYENE (Kort)	KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	HAT GECİKMESİ	DURAK SAYISI	TOPLAM	SIRALAMA
Telsizler-Öğretmen Evi-Havuzbaşı	0,008	0,028	0,003	0,001	0,020	0,060	0,002	0,029	0,006	0,007	0,165	3
Yenişehir-Yıldızkent	0,001	0,002	0,006	0,003	0,003	0,123	0,002	0,122	0,024	0,003	0,288	1
Sanayi-Hilalkent-Havuzbaşı	0,001	0,003	0,002	0,008	0,001	0,033	0,007	0,054	0,046	0,052	0,207	2
Şükrü Paşa-İbrahim Hakkı-Havuzbaşı	0,008	0,014	0,013	0,005	0,006	0,017	0,000	0,016	0,011	0,019	0,109	6
Üniversite-Havuzbaşı- Şükrü Paşa	0,001	0,013	0,006	0,003	0,012	0,006	0,001	0,056	0,003	0,019	0,120	4
Yunus Emre-Havuzbaşı	0,004	0,006	0,026	0,016	0,003	0,017	0,006	0,007	0,021	0,005	0,111	5

İşletmeci bakış açısına göre hatların performansları sırasıyla Yenişehir-Yıldızkent, Sanayi-Hilalkent-Havuzbaşı, Telsizler- Öğretmen Evi-Havuzbaşı, Üniversite-Havuzbaşı-Şükrü Paşa, Yunus Emre-Havuzbaşı ve son olarak Şükrü Paşa-İbrahim Hakkı-Havuzbaşı minibüs hatları olarak bulunmuştur.

Hatta taşınan yolcu sayısının Şükrüpaşa-İbrahim Hakkı-Havuzbaşı minibüs hattında düşük olmasından dolayı işletmeci açısından düşük performans belirlenmiştir. Güner (2016), yaptığı çalışmada taşınan yolcu sayısına göre sunulan hizmetin fazla olmasının hattın düşük performans sergilemesi sonucuna vararak benzer sonuç belirlemiştir.

Kalabalıklık faktörü değerinin 1'e yakın olması kullanıcı ve işletmecileri en optimal noktada buluşturacaktır. Kalabalıklık faktörü değerinin 1'e en yakın olan hat Yenişehir-Yıldızkent minibüs hattı olarak belirlenmiştir. Bu hat işletmeci açısından bakıldığında birinci sırada yer almaktadır. Güner vd (2017) yaptığı çalışmada hatta taşınan yolcu sayısına göre hizmet seviyesinin fazla olması kullanıcı bakış açısıyla bakıldığında kullanıcılara sunulan

hizmet seviyesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Fakat işletmeci bakış açısıyla bakıldığında ise kaynakların yeterince verimli kullanılmadığını belirterek benzer sonuç belirlemiştir.

Tablo 13'te görüldüğü gibi uzman görüşlerinden faydalanılarak çevre bakış açısı ile kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Çevre bakış açısıyla değerlendirme yapılırken toplu taşıma araçlarını kullanmayan ve minibüslerin oluşturduğu trafik sıkışıklığı, hava kirliliği gibi çeşitli olaylar neticesinde etkilenen kullanıcılar göz önüne alınmıştır.

Tablo 13. Çevre Bakış açısıyla Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

ÇEVRE BAKIŞ AÇISIYLA KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI										
	ARAÇ SAYISI	SEFER SÜRESİ	SEFER UZUNLUĞU	GÜNDE TOPLAM KM	HİZMET VERİLEN SÜRE	YOLCU SAYISI	EGZOZ MUAYENE (Kort)	KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	HAT GECİKMESİ	DURAK SAYISI
ARAÇ SAYISI	1,00	3,00	5,00	0,20	3,00	7,00	0,20	7,00	3,00	3,00
SEFER SÜRESİ	0,33	1,00	0,33	0,20	0,20	3,00	0,11	3,00	0,33	0,33
SEFER UZUNLUĞU	0,20	3,00	1,00	0,20	0,20	3,00	0,11	3,00	0,33	0,33
GÜNDE TOPLAM KM	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	0,20	5,00	1,00	1,00
HİZMET VERİLEN SÜRE	0,33	5,00	5,00	1,00	1,00	3,00	0,14	3,00	0,33	0,33
YOLCU SAYISI	0,14	0,33	0,33	0,20	0,33	1,00	0,11	1,00	0,20	0,20
EGZOZ MUAYENE	5,00	9,00	9,00	5,00	7,00	9,00	1,00	9,00	5,00	5,00
KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	0,14	0,33	0,33	0,20	0,33	0,11	0,11	1,00	0,20	0,20
HAT GECİKMESİ	0,33	0,33	3,00	1,00	3,00	5,00	0,20	5,00	1,00	1,00
DURAK SAYISI	0,33	3,00	3,00	1,00	3,00	5,00	0,20	5,00	1,00	1,00

Çevre bakış açısıyla kriterlerin ikili karşılaştırılması yapıldıktan sonra her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırması yapılmıştır. İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra her bir kriter için normalize matrisler oluşturulmuştur. Yapılan bu karşılaştırmalar çerçevesinde kriterlerin normalize matrisinde bulunan kriter ağırlığı ile o kriter için alternatiflerin normalize matrisindeki kriter ağırlığı çarpılarak alternatif için kriter skorları belirlenmiştir.

Tablo 14’te verilen alternatif için kriter puanları toplanarak alternatifin son skoru elde edilmiştir. Elde edilen bu son skorlara göre çevre bakış açısında alternatiflerin nihai sıralamaları Tablo 14’te yapılmıştır.

Tablo 14. Çevre Bakış Açısıyla Alternatiflerin Son Sıralaması

MİNİBÜS HAT SON SIRALAMA												
HAT ADI	ARAÇ SAYISI	SEFER SÜRESİ	SEFER UZUNLUĞU	GÜNDE TOPLAM KM	HİZMET VERİLEN SÜRE	YOLCULUK SAYISI	EGZOS MUAYENE (Kort)	KALABALIKLIK FAKTÖRÜ	HAT GECİKMESİ	DURAK SAYISI	TOPLAM	SIRALAMA
Telsizler- Öğretmen Evi- Havuzbaşı	0,05	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,15	3
Yenişehir- Yıldızkent	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,10	5
Sanayi- Hilalkent- Havuzbaşı	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,14	0,00	0,04	0,05	0,27	1
Şükrü Paşa- İbrahim Hakkı- Havuzbaşı	0,05	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,13	4
Üniversite- Havuzbaşı- Şükrü Paşa	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,09	6
Yunusemre- Havuzbaşı	0,03	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00	0,11	0,00	0,02	0,00	0,25	2

Çevre bakış açısına göre en performanslı hat sırasıyla Sanayi-Hilalkent-Havuzbaşı, Telsizler-Öğretmen Evi-Havuzbaşı, Yunus Emre-Havuzbaşı, Şükrü Paşa-İbrahim Hakkı-Havuzbaşı, Üniversite-Havuzbaşı-Şükrü Paşa ve son olarak Yenişehir-Yıldızkent minibüs hattı bulunmuştur.

Tablo 15’te tüm bakış açılarına göre son sıralama tabloları verilmiştir. Kullanıcı bakış açısına göre en performanslı hat Yunus Emre- Havuzbaşı hattı, işletmeci bakış açısına göre en performanslı hat Yenişehir- Yıldızkent hattı bulunmuş ve son olarak çevre açısından en performanslı hat ise Sanayi- Hilalkent-Havuzbaşı hattı bulunmuştur.

Tablo 15. Bakış Açılarına Göre Alternatiflerin Son Sıralaması

SIRALAMALAR			
HATLAR	KULLANICI	İŞLETMECİ	ÇEVRE
Telsizler-Öğretmen Evi- Havuzbaşı	3	3	3
Yenişehir-Yıldızkent	4	1	5
Sanayi-Hilalkent-Havuzbaşı	2	2	1
Şükrü Paşa- İbrahim Hakkı- Havuzbaşı	5	6	4
Üniversite- Havuz Başı- Şükrü Paşa	6	4	6
Yunus Emre-Havuzbaşı	1	5	2

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada Erzurum ilinde bulunan ve şehir merkezinde hizmet veren altı farklı minibüs hattının performansı, kullanıcı, işletmeci ve çevre bakış açısına göre çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP kullanılarak incelenmiştir.

Kullanıcı bakış açısına göre en performanslı hattın Yunus Emre-Havuzbaşı minibüs hattı olduğu belirlenmiştir. Fakat işletmeci bakış açısı ile değerlendirildiğinde hattın altıncı sırada olduğu dikkat çekmektedir. Kayakyolu ve Yunus Emre gibi büyük yerleşim alanlarına hizmet etmesine rağmen yolculuk sayısının az olması ve kalabalıklık faktörünün düşük çıkması sunulan toplu taşıma hizmetin yolcular için konforlu olduğu belirlenmiştir.

İşletmeci bakış açısına göre en performanslı hattın Yenişehir-Yıldızkent minibüs hattı olduğu belirlenmiştir. Yenişehir-Yıldızkent hattı yolcu sayısının fazla ve kalabalıklık faktörünün 1'e yakın olması hattın işletmeci bakış açısından en performanslı minibüs hattı olmasına neden olmuştur. Bu durumda işletmeci açısından en çok istenilen durum olan kârlılığın fazlalığını göstermektedir. İşletmeci bakış açısına göre toplu taşıma hattının performanslı olması hattın kârlılığın fazla olması ile orantılı olduğu belirlenmiştir.

Çevre bakış açısına göre en performanslı hattın Sanayi-Hilalkent-Havuzbaşı hattı olduğu belirlenmiştir. Bu hat kullanıcı ve işletmeci bakış açısına göre ikinci sırada yer almaktadır. Çevre bakış açısı toplumun ihtiyaç halinde kullanabileceği, çevre kirliliğine daha az neden olan hattın belirlenmesini amaçlamaktadır. Çevre bakış açısına göre toplu taşıma hattının performanslı olması hattın egzoz emisyon değeri ile orantılı olduğu belirlenmiştir.

Şükrüpaşa-İbrahim Hakkı-Havuzbaşı hattı kullanıcı bakış açısına göre sıralamada beşinci olduğu belirlenmiştir. Hatta ait araç sayısının az olması ve hattı kullanan yolcuların bekleme süresinin fazla olması bu hattın performanslı çalışmasını engellemektedir. Hattın araç sayısı artırılarak kalabalıklık faktörü düşürülmelidir. Bunun için minibüslerin sefer sıklığı artırılmalıdır. Böylece minibüs hattında meydana gelen yolcuların seyahat gecikmesi azaltılacaktır. Bunun sonucu olarak hattı kullanan kişilerin memnuniyet düzeyi artırılmış olacaktır.

Üniversite-Havuzbaşı-Şükrüpaşa minibüs hattı kullanıcı bakış açısına göre altıncı sırada yer almaktadır. Atatürk Üniversitesi kampüs içerisine uğrayan tek hattın olması yolcu sayısının fazla olmasına sebep olmaktadır. Bu hat için araç sayısı ve sefer sıklığı artırılarak kalabalık faktörünün azaltılması önerilmektedir. Böylece hattın kullanıcı bakış açısına göre daha

performanslı çalışması sağlanabilir. Ayrıca hattın hizmet süresi arttırılarak hem işletmeci hem de kullanıcı bakış açısına göre performansı arttırılacaktır.

Kullanıcı, işletmeci ve çevre açısından hatların en optimal performanslarının olması sağlanmalıdır. Yolculuk sayısının fazla olması işletmeciler için en önemli kriter olması işletmenin karlılık oranını arttıracaktır. Fakat bu durumda kullanıcılar konforsuz ve güvensiz bir yolculuk yapacaklarından dolayı sistemin kullanıcılar açısından performansını düşürecektir. Çevre açısından toplumun isteği olan ihtiyaç halinde kullanabilme isteği sağlanmalıdır. Bu nedenle araçların kapasite yoğunluk oranlarını gösteren kalabalıklık faktörü kullanıcılar, işletmeciler ve de çevre için en optimal kriteri olduğu belirlenmiştir. Bu durumda kalabalıklık faktörünün 1 değerine yakın olması hem işletmeciler için hem de kullanıcılar için optimal bir hat sunacaktır.

Kayakolu ve Yunus Emre bölgelerine hizmet eden belediye otobüsleri bölgenin birçok alanını kapsama alanına almıştır. Bundan dolayı, bu bölgede yaşayan toplu taşıma kullanıcılarının Yunus Emre-Havuzbaşı minibüs hattına olan taleplerini düşürmektedir. Bu durum da hattın yolculuk sayısını ve kalabalıklık faktörünün az olmasına sebep olmaktadır. Belediye otobüsleri ile minibüs hatlarının entegrasyonlu bir şekilde hat güzergâhında çalışması için düzenleme yapılması önerilmektedir. Böylece işletmeci bakış açısına göre hattın performansı arttırılacaktır.

Telsizler-Havuzbaşı hattı üç farklı bakış açısı için de sıralamaların üçüncü basamağında yer almaktadır. Bu minibüs hattı şehrin Yıldızkent bölgesinde yapılan Erzurum Şehir Hastanesine hizmet eden önemli bir hattır. Bu hatta bulunan araç sayısının az olması ve sefer sıklığının 20 dakika gibi uzun sürede olması hattın performansını olumsuz etkilemektedir. Bu hattın araç sayısı arttırılıp, hattın sefer sıklığı azaltılarak hattın hizmet kalitesi ve performansı arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acar, R., 2018. İstanbul Metrobüs Sisteminin Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Anonim., 2022a. <https://hayatkilavuzum.net/erzurum-belediye-otobus-saatleri.html> (12.12.2022)
- Anonim., 2022b. <https://hareketsaati.com/erzurum-minibus-saatleri> (12.12.2022).
- Anonim., 2022c. <https://antalyatouristinformation.com/public-transport/antalya-city/dolmus> (12.12.2022).
- Anonim., 2015. <https://www.lojiport.com/metrobus-yolcu-sayisi-1-milyari-asti-89026h.htm> (12.12.2022).
- Anonim., 2020. <https://rayhaber.com/2020/08/trolleybus-nedir-nasil-calisir-turkiyede-ilk-trolleybus-hangi-ilde-hizmete-girdi> (12.12.2022).
- Anonim., 2021. <https://www.cumhuriyet.com.tr/turkiye/izmire-26-araclik-yeni-tramvay-seti-1876971> (12.12.2022).
- Anonim., 2022d. <https://www.sabah.com.tr/fotohaber/yasam/metro-duraklari-isimleri-2022-istanbul-metro-duraklari-sefer-saatleri-ve-istasyon-haritasi-k1> (12.12.2022)
- Anonim., 2019. <https://rayhaber.com/2019/10/antalya-monoray-ve-metro-ile-tanisacak> (12.12.2022)
- Atalay, A., Bircik, Ö. F., 2021. Determination of Operational Efficiency in Urban Public Transport Lines. Civil Engineering Beyond Limits, 1(2021), 16-20.
- Atalay, A., Bircik, 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.
- Barut, H. B., 2012. Türkiye’de Kent İçi Toplu Taşıma Sistemlerinde Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi İçin Bir Yöntem Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Benk, S., 2007. Kentiçi Ulaşım Sonucu Oluşan Negatif Dışsallıklar ve Önleme Yolları. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Bircik, Ö. F., 2019. Erzurum Kentiçi Ana Toplu Taşıma Sisteminin Kümeleme Analizi Yöntemiyle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Boame, A. K., 2004. The technical efficiency of Canadian urban transit systems. Transportation Research Part E, 40(2004), 401-416.
- Büyükbaş, N., 2016. Toplu Taşıma Kullanım Oranını Arttırıcı Uygulamalar ve Kayseri Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Camkesen, N., 2010. Toplu Taşımada Aktarma Merkezleri ve Sistem Entegrasyonu., 62-67. İstanbul: Transist 2010.
- Carvalho, M., Syguiry, T., Silva, D. N., 2015. Efficiency and Effectiveness Analysis of Public Transport of Brazilian Cities. The Journal of Transport Literature, 9(3), s. 40-44.

- Cavlak, H., 2021. Etkinlik, Etkililik, Verimlilik, Karlılık, Performans: Kavramsal Bir Çerçeve ve Karşılaştırma. *Journal of Research in Business*, 6(1), 99-126.
- Cullmann, A., Hirschhausen, C., 2010. A nonparametric efficiency analysis of German public transport companies. *Transportation Research Part E*, 46(2010), 436-445.
- Çakır, M., 2010. Entegre Olmuş Ulaşım Sistemlerinin Yolculuk Talebindeki Değişiminin İncelenmesi; Şişhane- Atatürk Oto Sanayi Raylı Sistem Hattı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Diana, M., Daraio, C., 2010. Performance Indicators for Urban Public Transport Systems with a Focus on Transport Policy Effectiveness Issues. 12th World Conference on Transport Researc. Lisbon.
- Doğan, F., 2014. Kentiçi Toplu Taşıma Sistemleri ve Malatya Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Georgiadis, G., Politis, I., Papaioannou, P., 2014. Measuring and improving the efficiency and effectiveness of bus public transport systems. *Research in Transportation Economics*, 48(2014), 84-91.
- Güner, S., 2016. Şehir İçi Otobüs Hatlarına İlişkin Hizmet Etkinliği Analizi: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi Uygulaması. 9. Transist 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), 33-47.
- Güner, S., Taşkın, K., Gürler, G., 2017. Şehir İçi Toplu Taşıma Hatlarının Hizmet Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi: Özel ve Kamu İşletmelerinin Karşılaştırılması. *İşletme Bilimi Dergisi*, 5(3), 127-145.
- 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.
- Karlaftis, M. G., 2004. A DEA Aproach for Evaluating The Efficiency and Effectiveness of Urban Transit Systems. *European Journal of Operational Research*, 152(2004), 354-364.
- Karlı, 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.
- Kaynarca, Ö. A., 2017. Kentiçi Toplu Taşımada Hizmet Kalitesi Ölçüm Modeli ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keçeci, A., 2006. Türkiye'de Karayolu Taşımacılığı. *Uluslararası Ekonomik Sorunlara Dergisi*, 20, https://www.mfa.gov.tr/turkiye_de-karayolu-tasimaciligi-.tr.mfa
- Kesten, A. S., 2008. Toplu Taşıma Sistemlerinde Müşteri Odaklı Performans Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Kutlu, K., 1975. Trafik Tekniği, İnşaat Fakültesi, İTÜ, İstanbul.
- Masoumı, M., 2017. Türkiye'deki Kentiçi Raylı Ulaşım Sistemlerinin Performanslarının Veri Zarflama Analizi ile Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Mitric, S., 2008. La politique de transport urbain de la Banque mondiale face au transport artisanal. *Le Transport Artisanal Dans Les Villes Meditteraneennes*, Actes Inrets N° 114. 135-143.

- Özbek, A., 2017. Analitik Hiyerarşi Süreci. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü, Aşır Özbek. Seçkin Akademi ve Mesleki Yayınlar, Ankara, 81-116.
- Özbek, A., Eren, T., 2013. Üçüncü parti Lojistik (3PL) Firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle Belirlenmesi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 5(2), 46-54.
- Özbilen, B., 2016. Integration of Dolmuş as a Paratransit Mode to The Existing Public Transport Network: Ankara Example. Yüksek Lisans Tezi, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of The Middle East Technical University, 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.
- Öztürk, A.T., 2010. İstanbul Şehir Çevriminin ABD ve Avrupa Test Çevrimleri ile Emisyon Faktörleri ve Yakıt Tüketimi Açısından Deneysel Olarak Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pekin, M.A., 2006. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Putra, A. A., Yamin, J. M., Riyanto, B., Mulyono, A. T., 2014. The Satisfaction Analysis for the Performance of Public Transport Urban Areas. International Refereed Journal of Engineering and Science, 38-44.
- 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.
- 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.
- Stone, J., Mees, P., Imran, M., 2012. Benchmarking the Efficiency and Effectiveness of Public Transport in New Zealand Cities. Urban Policy and Research, 30(2), 207-224.
- Şahan, Y., 2021. Minibüsçüler ve Dolmuşçular Esnaf Odası, Erzurum (12.08.2021).
- Şenlik, İ., 2016. Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemleri., 458, 37-39.
- Tiwari, G., 2006. Urban Passenger Transport: Framework for an Optimal Modal Mix. Asian Development Bank, New Delhi.
- Topçu, L., 2008. Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Turanlı, M., Köse, A., 2005. Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi ile Türkiye'deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(7), 19-39.
- Türkmen, M., 2001. Kentiçi Toplu Taşımada Raylı Sistemlerin Yeri ve Ankara Metrosu ile Ankaray Örneklerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Tüýdeş, H., Göker, A. Z., 2007. Toplu Taşımada Akıllı Ulaşım Yaklaşımları., 98-120. Antalya.
- TÜİK., <https://www.tuik.gov.tr/>
- Üvenç, G., 2019. Toplu Taşımada Hizmet Kalitesi Yönetimi Uygulaması: Hizmet Kalitesinde Performans Ölçüm Sisteminin Tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Vuchic, V., 2007. Urban Transit Systems and Technology, Wilwy & Sons, USA.

- Vassilev, V., Genova, K., and M. Vassileva., 2005. A Brief Survey of Multicriteria Decision Making Methods and Software Systems. Bulgarian Academy of Sciences Cybernetics and Information Technologies, 5(1), 3–13.
- Yağmur, C., 2013. Keniçi Ulaşım Bağlamında İstanbul Ulaşım A.Ş. Örneği ve Organizasyonu ile Ekonomik Açıdan Bir Öneri. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Ahmet ÇAVUŞOĞLU
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	