

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA'DA ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE  
MONORAY GÜZERGÂHI BELİRLEME

Mustafa HAMURCU

**KIRIKKALE - 2016**

## ONAY SAYFASI

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında** Mustafa HAMURCU tarafından hazırlanan **ANKARA'DA ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE MONORAY GÜZERGÂHI BELİRLEME** adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

### Jüri Üyeleri

Başkan: Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN

Üye : Doç. Dr. Tamer EREN

Üye :Yrd. Doç. Dr. Suna ÇETİN

16/03/2016

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### ANKARA'DA ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE MONORAY GÜZERGÂHI BELİRLEME

HAMURCU, Mustafa

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tamer EREN

Mart 2016, 103 Sayfa

Artan nüfus ve kentleşme Ankara'da birçok probleme neden olmaktadır. Bu problemlerin başında da trafik sorunu gelmektedir. İyi bir planlama ile bu sorunun üstesinden gelinebilir. Toplu taşıma özendirilmelidir. Bu kapsamda ilk olarak toplu ulaşım türünün seçilmesi gerekmektedir. Seçilen ulaşım türü ulaşım taleplerini karşılayacak seviyede olmalıdır. Şehirlerde bu problemin çözümü için monoray, alternatif bir toplu taşıma sistemidir. Güvenli ve hızlı bir toplu taşıma hizmeti sunan monoray, kentsel ulaşımında tek ray üzerinde hizmet vermektedir. Bu aşamanın ardından iyi bir güzergâh yeri seçilmelidir. Aksi takdirde trafikte iyileşmeye yardımcı olamaz. Güzergâh seçimine, inşa maliyeti, çevre, kentsel hareketlilik, talep seviyesi, erişebilirlik, trafik yoğunluğu gibi birçok etken etki etmektedir. Bu yüzden çok ölçütlü değerlendirme gerekmektedir.

Bu çalışmada, analitik hiyerarşi süreci, analitik ağ süreci ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak Ankara'da alternatif 8 farklı monoray güzergâhı arasından en iyi seçim yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Monoray, Güzergâh Seçimi, Çok Ölçütlü Karar Verme, Analitik Ağ Süreci, Analitik Hiyerarşi Süreci, TOPSIS

## ABSTRACT

### A MONORAIL ROUTE DETERMINATION WITH MULTICRITERIA DECISION MAKING METHODS IN ANKARA

HAMURCU, Mustafa

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, Master Science Thesis

Supervisor: Associate Prof. Dr. Tamer EREN

March 2016, 103 Pages

Due to increasing population and urbanization in Ankara, there are many problems, such as traffic in urban areas, there is a need for a great traffic planning to solve this problem. Also, public transport should be encouraged and wisely organized. It must meet the demands of the transport type selected. A monorail is an alternative transport vehicle for solving this problem in urban areas, because the monorail is a single rail serving as a track in urban area, and this system is fast and safe. After, the most appropriate route should be determined. Otherwise this system will not help to improve urban transport. Moreover, route selection is influenced by many factors such as construction cost, environment, public mobility, demand level, accessibility, traffic density etc. Thus, there is a need for a multi-criteria evaluation.

In this study was conducted to choose from eight alternative route for monorail route selection in Ankara by using analytic hierarchy process, analytic network process and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

**Key Words:** Monorail, Route Selection, Multicriteria Decision Making, Analytic Hierarchy Process, Analytic Network Process, TOPSIS

## TEŐEKKÖR

Tezimin hazırlanması esnasında bana her konuda destek olan, Danışman hocam Doç. Dr. Tamer EREN'e, hocalarım Yrd. Doç. Dr. Suna ÇETİN'e ve ArŐ. Gör. Hacı Mehmet ALAĞAŐ'a, Ankara Büyükşehir Belediyesi Personelleri Yüksek Mühendis M. Abdullah GENÇER'e, Mühendis Faik DİKMEN'e ve her koşulda yanımda olan aileme teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MONORAY(HAVARAY) ULAŞIM SİSTEMİ</b> .....	<b>5</b>
2.1. Monoray (Havaray).....	5
2.2. Kentsel Trafik İçin Avantajları .....	7
2.3. Monoray Çeşitleri.....	9
2.4. Sistem Elemanları .....	10
2.5. Dünya’da Monoray Uygulama Örnekleri.....	10
<b>3. GÜZERGÂH BELİRLEME PROBLEMİ</b> .....	<b>13</b>
<b>4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>15</b>
4.1. Monoray Hakkında Yapılan Çalışmalar .....	15
4.2. Güzergâh Belirleme Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	20
<b>5. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME(ÇÖKV) YÖNTEMLERİ</b> .....	<b>27</b>
5.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) .....	28
5.2. Analitik Ağ Süreci (AAS) .....	34
5.3. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) .....	37
<b>6. ANKARA’DA ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE GÜZERGÂH SEÇİMİ</b> .....	<b>42</b>
6.1. Araştırma Metodolojisi .....	43
6.2. Ankara Büyükşehir Belediyesi .....	45

6.3. Alternatif Güzergâhlar .....	47
6.4. Güzergâh Seçimi İçin Belirlenen Kriterler .....	56
6.5. AHS Çözümü .....	63
6.6. AAS Çözümü .....	69
6.8. AHS-TOPSIS Çözümü .....	76
6.9. AAS-TOPSIS Çözümü .....	78
6.10. Sonuçların Değerlendirilmesi .....	81
<b>7. SONUÇ VE TARTIŞMA.....</b>	<b>83</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>85</b>



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 2. 1</b> - Dünyada Monoray Uygulamaları .....	11
Çizelge 5. 1 - Önem Skalası.....	30
Çizelge 5. 2 - <i>RI</i> Değerleri .....	33
Çizelge 6. 1. Ankara'da işletmede olan raylı sistemler .....	46
Çizelge 6. 2. Alternatif rotalar ve hat özellikleri .....	48
Çizelge 6. 3. Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi .....	65
Çizelge 6. 4. Ana Kriterlerin Normalleştirilmesi Ve Kriter Ağırlıkları.....	65
Çizelge 6. 5. Sosyal Etki Ana Kriteri Altındaki Kriterlerin İkili Karşılaştırılması ....	66
Çizelge 6. 6. Kriterlerin Sonuç Ağırlıkları .....	67
Çizelge 6. 7. Alternatifler arası ikili karşılaştırma: standart matris .....	67
Çizelge 6. 8 - Her bir Kriterin Alternatifler Üzerindeki Ağırlığı .....	68
<b>Çizelge 6. 9.</b> AHS Sonucunda Bulunan Alternatif Rota Ağırlıkları Ve Sıralama .....	68
Çizelge 6. 10. AAS İle Çözüm Sonucu: Güzergâh Seçim Ağırlıkları .....	72
Çizelge 6. 11. Kriter Ağırlıkları .....	73
Çizelge 6. 12. Normalize Karar Matrisi .....	73
Çizelge 6. 13. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi.....	74
<b>Çizelge 6. 14.</b> En Yüksek ve En Düşük Değerler .....	74
Çizelge 6. 15. Ayırma ölçütleri .....	75
Çizelge 6. 16. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması .....	75
Çizelge 6. 17. TOPSIS'e Göre Tercih Sırası .....	76
Çizelge 6. 18. AHS -TOPSIS_En Yüksek ve En Düşük Değerler.....	77
<b>Çizelge 6. 19.</b> AHS -TOPSIS_Ayırma ölçütleri .....	77
Çizelge 6. 20. AHS -TOPSIS_İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması .....	78
Çizelge 6. 21. AHS -TOPSIS_TOPSIS'e Göre Tercih Sırası .....	78
Çizelge 6. 22. AAS -TOPSIS_En Yüksek ve En Düşük Değerler.....	79
Çizelge 6. 23. AAS -TOPSIS_Ayırma ölçütleri.....	79
Çizelge 6. 24. AAS -TOPSIS_İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması .....	80
Çizelge 6. 25. AAS-TOPSIS_TOPSIS'e Göre Tercih Sırası .....	80
Çizelge 6. 26. Çözüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	81



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. 1. Monoray: Güney Kore .....	6
<b>Şekil 2. 2.</b> Monoray ve monoray hattı: Japonya.....	6
Şekil 2. 3. Bindirme Tip Monoray .....	9
Şekil 5. 1 - Ağ yapısı .....	35
Şekil 5. 2 - AAS Akış Şeması.....	36
Şekil 6. 1. Araştırma Metodolojisi .....	44
Şekil 6. 2. Haritada Ankara'nın Gösterilmesi.....	45
Şekil 6. 3. AOÇ-Opera-Bakanlık Dikmen .....	49
<b>Şekil 6. 4.</b> Bakanlık -Çankaya-Yıldız .....	50
Şekil 6. 5. Kızılay-Yıldız-Oran .....	51
Şekil 6. 6. Kızılay-Yukarı Ayrancı-Çankaya-Yıldız-Oran .....	52
Şekil 6. 7. Opera-Siteler-Doğantepe .....	53
Şekil 6. 8. Ulus-Etlik-Yükseltepe.....	54
Şekil 6. 9. Ulus-Kolej-Seyranbağları .....	55
Şekil 6. 10. Ulus-Kurtuluş-Türközü-Natoyolu .....	56
Şekil 6. 11. Güzergâh Belirleme İçin Kriter ve Alt Kriterler .....	61
Şekil 6. 12 - Güzergâh Belirleme İçin Kriter Ve Alt Kriterler .....	61
Şekil 6. 13. Güzergâh Belirleme İçin Karar Hiyerarşisi .....	64
Şekil 6. 14. AAS Kriterleri İlişkilerinin Programda Gösterilmesi .....	70
Şekil 6. 15. Rota 2(R2) İçin Mühendislik Ana Kriteri Altında Kriterlerin İkili Karşılaştırılması.....	71
Şekil 6. 16. Programda Çözüm Sonucu Kriterlerin Ağırlıkları .....	71

## KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Analitik Ağ Süreci
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
CI	Tutarlılık İndeksi
CR	Tutarlılık Oranı
M1	Kızılay-Batıkent Metro Hattı
M2	Kızılay-Çayyolu Metro Hattı
M3	Batıkent-Sincan Metro Hattı
M4	Keçiören-Tandoğan Metro Hattı
AOÇ	Atatürk Orman Çiftliği
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
EGM	Emniyet Genel Müdürlüğü
AVM	Alışveriş Merkezi
CBS	Coğrafi Bilgi Ssistemi
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
m.	Metre
km	Kilometre
R1	AOÇ-Opera-Bakanlık Dikmen
R2	Bakanlık -Çankaya-Yıldız
R3	Kızılay-Yıldız-Oran
R4	Kızılay-Yukarı Ayrancı-Çankaya-Yıldız-Oran
R5	Opera-Siteler-Doğantepe
R6	Ulus-Etlik-Yükseltepe
R7	Ulus-Kolej-Seyranbağları
R8	Ulus-Kurtuluş-Türküzü-Natoyolu
K1	İnşa maliyeti
K2	Kamulaştırma
K3	Arazi yapısı
K4	Hassas bölgeler

K5	Alışveriş ve yerleşim alanlarına erişim
K6	İş ve eğitim bağlantısını sağlama
K7	Estetik ve görsel etki
K8	Erişilebilirlik
K9	Nüfus yoğunluğu
K10	Kamusal hareketlilik
K11	Genişletilebilme ve iyileştirilebilme
K12	Toplam seyahat zamanı
K13	Ulaşım entegrasyon
K14	Trafik hacmi
K15	Talepleri karşılama düzeyi



## 1. GİRİŞ

Merkez sınırları genişleyen ve gelişen şehirlerde nüfus yoğunluğu artmaktadır. Bunun yanı sıra trafiğe çıkan özel araç oranının da artması kent içi hareketliliği arttırmaktadır. Şehirlerde bir yerden başka bir yere ulaşım büyük sorun haline gelmekte, trafikte geçirilen süre her geçen gün artmaktadır. Bu problemin çözümünde şüphesiz toplu taşıma araçları ön plana çıkmaktadır. İyi bir kentsel ulaşım yapısı için ise hızlı, konforlu, çevre dostu, güvenilir ve talepleri karşılayan toplu taşıma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yerel yönetimler ulaşım sorunlarına çözüm getirmek üzere toplu taşıma yatırımlarına hız vermekte ve yaygınlaştırmaya çalışmaktadır. Kentsel toplu ulaşım araçları otobüs, tramvay, hafif raylı sistem ve metro gibi çeşitlenmektedir. Dış devletlerde kullanımı olan henüz ülkemizde ulaşım amaçlı örneğine rastlanmayan monoray kentsel toplu ulaşım sistemi de popülerliğini artırarak kentsel ulaşımında yerini almaktadır.

Kentsel trafik yoğunluğunun önüne geçmek için toplu taşıma araçlarının kullanımı özendirilmekte ve ulaşım talebini karşılamak için otobüs ve raylı sistemler gibi farklı özellik ve kapasitelere sahip ulaşım türlerinin kentsel alanda kullanımı yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Bu noktada yeni güzergâhlar açılmakta yeni otobüs, metro, hafif raylı sistem ve tramvay hatları inşa edilmektedir. Raylı ulaşım sistemleri, karayolları ulaşım sistemine alternatif olarak, insanlara rahatlık ve kolaylık sağlaması hız, güvenlik, konfor ve ekonomik olması yönünden kentsel ulaşım sistemlerinde çok daha avantajlıdır. Modern raylı ulaşım sistemleri, arazi kullanımı ve çevre dostu olması açısından karayollarına oranla önemli ölçüde üstünlüğe sahiptir. İlk aşamada kuruluşu maliyetli ve iyi bir alt yapı gerektirmesi gibi durumlar söz konusu olsa da tercih edilebilirliği yüksektir. Son dönemlerde dünyada gittikçe yaygınlaşan bir toplu ulaşım sistemi olan monoray raylı ulaşım sistemi ön plana çıkmaktadır. Monoraylar, yerden yükseltilmiş kolonlar üzerinde kendine has hat boyunca hareket eden, trafiğe engel oluşturmayan ve trafik yoğunluğundan etkilenmeyen sistem olarak bilinmektedir. Özellikle genişletilme imkânı olmayan kurulu yollar üzerine kısa sürede inşa edilebilirliği ile tercih sebebidir. Aynı zamanda diğer raylı sistemler gibi büyük bir alt yapı gerektirmemesi ve kurulum maliyetinin alternatiflerine göre daha düşük

olmasıyla diğer raylı sistemlerden ayrılmaktadır. Monoray, yoğun ve işlek güzergâhlarda rahatlıkla uygulanabilme ve kara alanı yüzeyinde az yer işgal etmesi ile genişletilme imkânı bulunmayan yollarda, diğer raylı sistemlere göre kentsel alanlarda daha fazla erişim olanağının olması ile kentsel trafik yoğunluğunu rahatlatma noktasında daha etkili bir ulaşım sistemidir.

Kent içi ulaşım sistemlerini incelediğimizde raylı sistemler ve karayolunu kullanan (lastik tekerlekli sistemler) sistemler olarak ayrılmakta ve raylı sistem olarak yaygın kullanılan tramvay, metro, hafif raylı sistemler, banliyö daha az kullanılan maglev sistemi (monoray tipi) ve yeni yaygınlaşan ve git gide popülaritesini arttıran monoray sistemleri bulunmaktadır. Raylı sistemler, karayolu ulaşım araçlarından farklı olsalar bile birbirlerini tamamladıkları hatta lastik tekerlekli araçlar ring seferleri ile raylı sistemleri destekleyerek ulaşım ağına katıldığını söylemek mümkündür.

Ulaşım altyapısını oluşturan yol ağının daha etkin ve verimli kullanımını sağlamaya yönelik ulaşım ve trafik düzenleme projeleri geliştirilmesi ve kentsel ulaşım için önlemlerin alınması ile kentsel alanlarda trafik sorunlarına çözümler getirilecek ve bu sayede şehirlerin yaşanılabilirliği daha da artacaktır. Ulaşım taleplerinin gerektirdiği önlem ve yatırımlara yön verilmesi ile aynı zamanda kentsel ulaşım sistemlerinin hizmet seviyesinin yükseltilmesi amacıyla projelerin gerçekleştirilmesi kentsel ulaşımı iyileştirecektir. Ulaşım sorunlarına sistem bütünlüğü çerçevesinde çözümler geliştirilmesi, ilk olarak toplu taşıma sistemleri ile bütünleşmiş bir ulaşım sisteminin gerçekleştirilmesiyle ve akabinde doğru planlanmış araç türü ve güzergâh seçimi ile sağlanılabilecektir.

Kentsel ulaşım araştırmaları, kentsel gelişme desenini kara yolu araçlarına bağımlı yapıdan kurtarıp, toplu taşıma ve yaya ulaşımını geliştirecek arayışları gündeme getirmektedir. Bu aşamada, günümüzde toplu taşıma türleri kıyaslanmakta avantaj ve dezavantajları değerlendirilmektedir. Son zamanlarda ise toplu ulaşım raylı sistemlere doğru kaymakta ve raylı sistemlerde kendi içinde tramvay, monoray gibi çeşitlenmektedir.

Ulaşım yatırımlarının hazırladığı yaygın ve dağınık kent formu, mesafelerin artmasına, toplu taşımanın uzun mesafelerdeki etkinliğini yitirmesine ve araç kullanımına bağımlı bir kentsel ulaşım sistemine yol açmaktadır. Kentsel raylı sistem yatırımları ise, kompakt ve karışık kullanımların bir arada bulunduğu kentsel yapılarda, kent formunu yeniden ve daha olumlu şekillendirebilmek anlamında önemli bir yer tutmaktadır. Günümüz kentlerinde artık toplu ulaşımında güvenli ve rahat olan raylı sistemler ön plana çıkmaktadır. Bu farkındalığa sahip olmak önem taşımaktadır. Bu açıdan raylı sistem yatırımları çok değerli olmaktadır. Ancak birlikte tek başına çözüm üretme kapasitesi sınırlıdır. Bu çerçevede talebin yönetilmesi ve kontrolü amaçlı kentsel ulaşım seçimleri yapılabileceği gibi, kentsel ulaşım ağının olabildiğince bütünleşik isleyebileceği, koridor boyunca karışık kullanımların bir arada yer alabileceği, konut, çalışma alanları, alt merkezleri de birlikte içeren koridor gelişimlerinin kentsel ulaşım sorunlarının çözümünde ve toplu ulaşımın verimliliğinde büyük önem taşımaktadır. Monoray sistemleri, alternatiflerine göre daha az maliyetli olma, kısa mesafelerde yapılabilirliği ve mevcut kurulu ulaşım ağına entegre olabilme esnekliğinde olması ile bu son teknoloji sistemi ön plana çıkmaktadır.

Toplu taşıma sisteminin kurulmasında en önemli aşama güzergâhın belirlenmesidir. Güzergâh belirlenirken şehirlerin genişleme potansiyelleri, nüfus oranı, trafik yoğunluğu ve önemli merkezlere (sanayi bölgeleri, eğitim kurumları, devlet daireleri, turistik alanlar, park ve mesire alanları, toplu konut alanları vb.) yakınlığı, diğer ulaşım sistemleri ile entegrasyonu gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Güzergâhın belirlenmesi aşamasında birçok faktörü aynı anda değerlendirmeyi sağlayacak çok ölçütlü karar verme yöntemlerine gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde ilk defa kurulacak olan monoray için güzergâh seçimi yapılmıştır.

Kentsel alanlarda, yolcuların/vatandaşların taleplerini karşılayabilecek nitelikte ekonomik, hızlı, konforlu ve güvenli toplu taşımaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Kentsel alanlarda trafik sorunu ve çözüm yolları hakkında bahsedilerek toplu taşımada monoray için yapılacak yatırımın etkili olması için güzergâh/rota seçiminin iyi bir şekilde planlanması gerektiği üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde, monoray raylı sistemi tanıtılarak avantajlarından bahsedilmiş diğer kentsel ulaşım sistemleri ve raylı sistemlerden üstünlükleri hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, güzergâh belirleme problemi ele alınmış ve tanımı yapılmıştır. Güzergâh belirlemenin önemi anlatılarak, etkili bir kentsel ulaşım ağı için iyi bir güzergâh seçim kararının verilmesi gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde, çalışmamıza konu olan monoray ve güzergâh belirleme üzerine yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında monoray güzergâhının belirlenmesi üzerine bir çalışmanın olmaması bu tez çalışmasını bu alanda ilk olma özelliği kazandırmıştır.

Beşinci bölümde çok ölçütlü karar verme ve metotlarından bahsedilerek çalışmada kullanılacak yöntemler olan AHS, AAS ve TOPSIS karar verme süreçleri anlatılmıştır. Bu yöntemler ile kriterler ve alternatifler üzerinden ikili karşılaştırma esasına dayanarak seçim, eleme ve sıralama yapılmaktadır.

Altıncı bölümde, Ankara'da kentsel ulaşım için düşünülen monoray raylı sistemi için belirlenen 8 farklı güzergâh, 4 ana kriter ve 15 alt kriter üzerinden 3 farklı karar verme yöntemi kullanılarak 5 farklı değerlendirme süreci uygulanmıştır. AHP, ANP, TOPSIS, AHP-TOPSIS ve ANP-TOPSIS yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak güzergâh seçenekleri değerlendirilmiştir.

Yedinci bölümde çalışma sonuçları değerlendirilmiş ve önerilerde bulunularak incelenen kaynakların listesi verilmiştir.

## 2. MONORAY(HAVARAY) ULAŞIM SİSTEMİ

Monoray sistemleri, kendisine tahsis edilmiş güzergâh ile tek ray üzerinde hareket etmekte olup kolonlar ile yerden (zeminde/topraktan) yükseltilmiş dar bir hat yolundan askı, konsol veya bindirmeli türleri ile hareket eden kentsel raylı ulaşım araçlarıdır. Monoray, birçok özelliği ile metro, tramvay, hafif raylı sistem gibi raylı sistemlere ve kentsel ulaşım araçlarına alternatif durumdadır.

Daha geniş bir tanım ile monoray, kara trafiğinden soyutlanarak kendine has hattı boyunca zeminden yükseltilmiş kolonlar üzerinde hareket eden raylı sistemler içinde kısa sürede inşa edilebilen, çevreye zararı en az olan doğa dostu, kent estetiğini modernleştiren, diğer raylı sistemlere göre daha esnek olan tek raylı bir sistemdir.

### 2.1. Monoray (Havaray)

Monoray ilk uygulamaları 1800'lü yıllara dayanmaktadır. Farklı tür monoraylar değişik tarihlerde ulaşım alanına girmişlerdir. Örneğin; ilk asma monoray 1901 yılında Almanya Wuppertal' da yapılmış olup kullanımı devam etmektedir. 1800'lü yıllarda başlayan monoray serüveni artarak devam etmiş, birçok ülkede kentsel ulaşım için alternatif olmuştur. Tarihi daha eskilere dayanan monoraylar modern anlamda kentsel trafik sorunları çözümü için kullanımı 19.yüzyıllardan itibaren başlamıştır. Güney Kore'de faaliyette olan monoray Şekil 2,1'de gösterilmektedir.





**Şekil 2. 1.** Monoray: Güney Kore

Hareket etme prensibi kendine ait dar yol boyunca kullanılan elektrik enerjisine dayanmaktadır. Modern ulaşım sistemleri arasında gösterilebilecek monoraylar gerek işletme, gerekse kurulum ve teknik özellikleri ile kentsel ulaşımında yerini almaktadır. Araç ve yaya trafiği ile kesişmemesi, hız ve güvenlik gibi faktörleri, kendine ait hat üzerinde sarmal şekilde ilerlemesi ile tramvay, otobüs gibi alternatiflerine göre güvenli olma açısından daha ön plana çıkarmaktadır. Şekil 2.1’de monoray ve monoray hattı gösterilmektedir.



**Şekil 2. 2.** Monoray ve monoray hattı: Japonya

Monoray vagonları raylardan aldıkları elektrik enerjisini güce dönüştüren elektrik motorları aracılığı ile hareket ederler. Bu yönüyle yüksek elektrik enerjisi harcamaktadır. Bu durum kurulum aşamasından sonra işletme maliyeti olarak önemli gider kalemleri arasında yerini almaktadır.

## 2.2. Kentsel Trafik İçin Avantajları

Kurulacak olan sistemlerin her zaman için tercih edilebilirliğinin olması gerekmektedir. Sistemin kendini ön plana çıkaracak özellikleri aynı zamanda probleme zm üretmeli ve etkin bir kullanıma sahip olmalıdır. Yolcuların taleplerini karşılayabilecek hız, konfor ve güvenilirlikte olması kullanıcıların memnuniyetini sağlama noktasında önemlidir.

Monoray kent içi toplu ulaşımda kullanılmakta ve kentsel ulaşıma zm getirmeye çalışmaktadır. En büyük amaç kent trafiğinde iyileşmeyi sağlamaktır. Bu noktada monoray sistemini eşdeğer toplu ulaşım sistemlerinden ayıran özellikleri sıralanmıştır;

1. Monoray sisteminin en önemli özelliklerinden birini uyum olarak ifade edebiliriz. Yani trafiğin yoğun aktığı, yol genişletilme imkânın olmadığı yapılı yollarda, doğaya zarar vermede çok hassas davranıldığı durumlarda zeminden yükseltilmiş kolonlar üzerinde ve yerden sadece kolonların işgal ettiği alan kadar yer kaplaması ile monoray cazip olmakta işlek cadde ve kısa mesafelerde, yoğunluğun olduğu alanlarda tercih sebebi olarak ön plana çıkarmaktadır. Güzergâh olarak mevcut kurulu yol ağı üzerine daha düşük maliyetle inşa edilmesi diğer raylı sistemlere göre avantajlı olmasını sağlamakta ve bu da sisteme eğilimi arttırmaktadır.
2. Monoray sistemlerini raylı sistemlerden ayıran en önemli özelliklerden biri lastik tekerlek kullanıyor olmalarıdır. Ayrıca sessiz çalışmaları ve yüksek eğimleri kolaylıkla aşmaları ile diğer raylı sistemlere göre avantaj oluşturmaktadır.
3. Beton veya elik yapıların fabrikada yapılarak montaj alanına getirilmesi inşası sırasında trafiği aksatmaması ve daha kısa sürede inşa edilmesi yoğun trafik alanlarında alternatiflerine göre kolay ve rahatlıkla inşa edilebilir olmasını sağlamıştır. Monoray gerek yapım aşamasında gerek kullanımı sırasında hiçbir şekilde mevcut ulaşımı olumsuz yönde etkilememektedir.

4. Yapılacak olan hat boyunca daha az istimlâk gerektirmesi ile ekonomik ve istenilen güzergâh boyunca hatta yön verilebilme olanağı sunması ile esnek olması alternatiflerine göre bu sistemin yöneticiler açısından tercih edilebilirliğini arttırarak ön plana çıkmaktadır. Mevcut yollar üzerine inşa edilebilmesi ise bu durumu daha da kolaylaştırmaktadır.
5. Sürücüsüz ve tam otomasyonlu olarak çalışması gibi fonksiyonları ile diğer ulaşım alternatiflerinden ayrılmaktadır. İşletme maliyetlerinde azalma sağlanmaktadır. Otomasyonlu olması aynı zamanda güvenlik ve zaman çizelgeleme faktörlerinde kolaylık sağlamaktadır.
6. Monorayın gaz salınımının olmaması ve sessiz çalışması özellikleri ile çevre dostu ve çevreye duyarlı bir ulaşım sistemi olarak bilinmesini sağlamıştır.
7. Güvenli ve güvenilir olmasıyla birlikte hem hızlı hareket etmesi hem de kendi hattında giderek trafiğe karışmaması sebepleri ile trafikte geçen sürenin azaltılması sağlanabilmektedir.
8. Güzergâhı iyi seçilmiş alanlarda özel araç kullanımı ve trafiği azaltmasının yanında şehir için estetik görüntü oluşturması ile modern şehir algısı oluşturarak prestij sağlamaktadır. Yalnız bu durumda giriş ve kolonların tasarım faktörü göz önünde bulundurulduğunda maliyet mevcut sistemlere göre biraz daha artmaktadır.
9. Gelişen ve genişleyen şehirler için, yapılan bir hattın genişletilmesi, farklı güzergâhların başlatılması ele alınması gereken önemli konulardandır. Bu aşamada yapılabilecek bir metro hattı veya mevcut hattın o yönde uzatılması maliyet etkinliği açısından kısa vadede verimsiz olabilir, hatta talebin yoğun olmadığı bölgeler seçildiğinde kaynak israfı ortaya çıkabilir. Bu noktada monoray sistemlerinin yapılması şehrin genişleme potansiyeli doğrultusunda yeni istasyon ve durakların inşası ile hattın uzatılması istenen güzergâh boyunca uzatılması, entegre edilmesine kolaylık sağlayacaktır.

10. Kesintisiz araç trafiğini sağlayan monoray sistemleri kendine has güzergâh olması nedeniyle kaza riskini ortadan kaldırarak metro, tramvay gibi diğer hafif raylı sistemlere göre daha fazla güven arz etmektedir.
11. Diğer sistemlerden, eğimli alanlardaki tırmanma kabiliyeti açısından %12-15 oranında daha fazla olması nedeniyle engebeli bölgelerde uygulanabilirliği daha fazladır.
12. Raylı sistemin yürüme mesafesinde olması kullanılabilirliği arttırmaktadır. Monoray sistemlerinin sık ve estetik tasarımlı küçük istasyonları ile şehirlerin en işlek caddelerinde dahi yapılabilirliği, erişebilirlik açısından kolaylık sağlamakta ve tercih edilebilirliği arttırmaktadır. Ayrıca monorayın Bakım kolaylığı da sistemin bir başka avantajıdır.

### 2.3. Monoray Çeşitleri

Monoray sistemleri mesnet noktasının yerine göre çeşitlenmektedir. Mesnet noktasının üstte olduğu(hat yolunun altında kalan) askı tipi, mesnet noktasının altta olduğu bindirme tip (Şekil-2.3) ve mesnet noktasının yanda olduğu konsol tipi monoray sistemleri olarak çeşitlenmektedir.



Şekil 2. 3. Bindirme Tip Monoray

## **2.4. Sistem Elemanları**

Monoray sistem elemanlarında çelik veya beton bloklar üzerinde yükseltilmiş hat, istasyonlar, araç parkları, işletme binaları, trenler (monoray), kontrol-bilgi iletişim sistemi, elektrik güç sistemleridir. Bu noktada kirişler ile aracın birbirine kenetlenmesi önemli bir faktördür. Aracın tek ray veya beton blok üzerinde hareket etmesi, daha güçlü ve daha az sarsıntılı yol tutuşu sağlayacaktır. Taşıyıcı kolan ve kiriş sayıları ve kirişler arası mesafe tren çeşidine ve jeolojik yapıya göre değişmektedir. Hat yolları beton kiriş olabileceği gibi çelik mafsal olarak da tasarlanabilir. Ayrıca kent içi talep doğrultusunda tek hat olabileceği gibi gidiş geliş şeklinde iki hatlı da olabilmektedir.

## **2.5. Dünya’da Monoray Uygulama Örnekleri**

Monoray ulaşım aracı olarak Dünya’nın pek çok ülkesinde uygulanmaktadır. Bunların başında; Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Rusya, Güney Kore, Çin, Malezya, İngiltere, İran, Birleşik Arap Emirlikleri ile bazı Afrika devletleri ve kimi Güney Amerika ülkeleri gelmektedir.

Nüfus artışı, şehir içi yolların yetersiz kalması/genişletmeye müsait olmaması, araç sayısının artışı ve şehirlerdeki yapılaşmanın/kentleşmenin ardından ortaya çıkan trafik sorunu gibi durumlar dünya devletlerini monoray sistemlerine yönlendirmiştir. Şehirlerin kentleşmesi ile Dünya’da monoraylar, özellikle nüfus yoğunluğu dikkate alınarak planlanmaktadır. Ayrıca nüfus yoğunluğunun dönemsel olarak arttığı turizm (İnanç turizmi-Arabistan vb) durumlarda da tercih edilebilmektedir.

Bazı ülkelerde prestij ve zenginliğin göstergesi olarak kent merkezlerinin popülaritesini arttırmak amacıyla kurulan monoraylar da vardır. Görsel anlamda modern görünüme sahip monoraylar kenstsel estetiği ön plana çıkarmaktadır.

**Çizelge 2. 1 - Dünyada Monoray Uygulamaları**

Kıta	Ülke	İsim	Açılış yılı	İstasyon sayısı	Uzunluğu (km)
Asya	Japonya	Ueno Zoo Monorail	1958	2	0.3
		Tokyo Monorail	1964	11	17.8
		Shonan Monorail	1970	8	6.6
		Kitakyushu Monorail	1985	13	8.8
		Chiba Urban Monorail	1988	18	15.2
		Osaka Monorail	1990	18	28
		Tama Toshi Monorail Line	1998	19	16
		Skyrail Midorizaka Line	1998	3	1.3
		Disney Resort Line	2001	4	5
	Okinawa Monorail	2003	15	12.8	
	Çin	Window of the World Theme Park Monorail	1993	3	1.7
		Happy Line	1998	7	3.8
		Shanghai Maglev Train	2004	2	30.5
		Chongqing Monorail Line 2&3	2005	64	86.8
	Hindistan	Mumbai Monorail	2014	17	19.5
	Güney kore	Lotte World Monorail	1986	2	#
		Taedok Science Town Monorail	1993	3	2.4
		Daegu Metro Line 3	2015	30	23.9
	Singapur	Sentosa Express	2007	4	2.1
	Malezya	Kuala Lumpur Monorail	2003	11	8.6
Tayland	Chiang Mai Zoo Monorail	2005	4	2	
İran	Qom	2015	8	6.2	
S.Arabistan	Riyadh	?	6	3.6	
UAE	Palm Jumeirah Monorail	2009	2	5.4	
Türkmenistan	Ashgabat Monorail	2016	3	5.2	
Afrika	Nijerya	Port Harcourt, Nigeria	2015	3	2.6
		Calabar, Nigeria	2015	3	1.1
Avustralya	Avustralya	Sea World, Gold Coast	1988	3	2
		Broadbeach	1989	3	1.3
Avrupa	Rusya	Moscow Monorail	2004	6	4.7
	İspanya	Plaza Imperial Monorail	2008	2	0.6
	İtalya	Mirabilandia Amusement Park Monorail	1992	1	1.5
	Türkiye	Ankara, Turkey	2012	3	0.5
	Almanya	Wuppertal Suspension Railway	1901	20	13.3
		Dresden Suspension Railway	1901	1	0.27
		H-Bahn Monorail	1984	4	3.16
		Panoramabahn Elbauenpark	1999	#	3
		Düsseldorf SkyTrain Düsseldorf Airport	2002	4	2.5
	İngiltere	Beaulieu, England	1974	2	1.6
Chester Zoo Monorail		1991	2	1.5	

**Çizelge 2.2 - Dünyada Monoray Uygulamaları (Devam)**

Kıta	Ülke	İsim	Açılış yılı	İstasyon sayısı	Uzunluğu (km)
Kuzey Amerika	Amerika	Disneyland monoray, California	1959	2	3.7
		Seattle Center Monorail, Washington	1962	2	1.5
		La Ronde, Montreal	1967	2	2.1
		Walt Disney World, Florida	1971	6	23,6
		Pearlridge, Hawaii	1976	2	0.5
		Miami MetroZoo, Florida	1982	4	3.2
		Jacksonville Skyway, Florida	1989	8	4
		Miami MetroZoo, Florida	1991	8	1
		Newark international airport monoray, New Jersey	1996	8	4.8
		Las Vegas Monorail, Nevada	2004	7	6.3
		Aerotren AICM Mexico City International Airport, Meksika	2007	#	3
G. Amerika	Brezilya	Hat15 (São Paulo Metro)	2014	18	26
		Hat17	#	18	24
		Hat18	#	13	15
	Brezilya	Poços de Caldas Monorail	1990	11	6
	Kanada	La Ronde (amusement park) Minirail	1967	#	2.1

Dünyada kullanımının gittikçe yaygınlaşması ulaşımda monoray kullanımına eğilim olduğunu göstermektedir. Dünyada monorayı yaygın kullanan ülkelerin başında Kitakyushu, Chiba, Osaka, Tama, Tokyo- Haneda, Shonan, Naha-Okinawa ile Japonya gelmektedir. Çizelge 2.1.'de dünyadan belli başlı monoray uygulamaları özetlenmiştir. Dünya üzerinde; kentsel alanlarda toplu konut alanlarını merkezi alanlara bağlamak, kamusal hareketliliğin olduğu alanlar ve iş yoğunluğunun fazla olduğu bölgeleri bağlamak amacıyla yapımı devam eden monoray hatları mevcuttur.

### 3. GÜZERGÂH BELİRLEME PROBLEMİ

Ulaşım planlamanın önemli adımlarından biri olan güzergâh belirleme aşamasında iyi bir planlama yapılması gerekmektedir. Güzergâhın belirlenmesi tercih edilebilirlik açısından ve kurulacak olan ulaşım sisteminin etkinliği açısından önem taşımaktadır. Güzergâhın belirlenmesine etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler çok yönlü değerlendirilmeli ve ulaşım ağında iyileştirme sağlayacak nitelikte olması sağlanmalıdır.

Yolcular, kent içinde en kısa sürede, güvenli, rahat ve konforlu bir şekilde seyahat etmek isterler. Bunu sağlamak için güzergâhın talep, ihtiyaç ve istekleri karşılması gerekmektedir. İnşası yapılacak veya kurulacak ulaşım ağının /rotanın tercih edilebilir olması ve özel araç trafiğini azaltarak kentsel trafikte iyileşme sağlanması kentsel alanlar ve kent içi trafik unsurları için önem arz etmektedir.

Güzergâh planlama, şehirler ve bölgeler için kentsel ulaşımında önemli kararlar arasındadır. Ulaşım türüne göre farklılık gösteren güzergâhların kullanıcılara /yolculara en iyi ve en etkin hizmeti sunmak için doğru bir şekilde planlanması sağlanmalıdır. Talepler doğrultusunda yoğunluğa sebebiyet veren alanlara öncelik verilerek en iyi güzergâhın belirlenmesiyle trafikte iyileşme sağlanmalıdır. Aksi halde etkin olmayan güzergâhlarda yapılan yatırımlar için kaynak israfı olması kaçınılmazdır. Kurulması istenen sistemin güzergâhının hizmet verdiği yolcu talebi analiz edilerek doğru bir güzergâh seçimi yapılmalıdır.

Kentsel trafiğin yoğun olduğu ve kara araçlarının bu sorunu çözmeye yeterli olmayacağı değerlendiriliyorsa, bölge için hızlı bir toplu taşımaya gereksinim olduğu ve kapasite, hız ve talepleri karşılama üçgeninde değerlendirilerek tarafsız bir şekilde sonuca varılması gerekmektedir. Analitik yöntemlerin kullanılması ile birçok faktör sayısal olarak ifade edilebilmekte ve modele eklenebilmektedir. Güzergâh belirlemede toplu taşıma sistemi kurulacak olan türe göre farklılık göstermekte, farklı teknoloji ve gereksinimler gerektirmektedir.



Güzergâh veya rota seçiminde/planlamada birçok yöntem bulunmaktadır. Analitik yöntemler bu aşamada başta gelmektedir. Bu çalışmada çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Analitik Ağ Süreci (AAS) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemleri kullanılarak güzergâh belirlenmeye çalışılmıştır. Bu yöntemlerle birçok faktör ikili karşılaştırmalar ile farklı görüşleri bir çatı altında toplayarak ve karmaşık durumları anlamlandırarak en iyi seçim veya sıralama yapılabilmektedir.

Literatürde güzergâh belirleme konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda yol, otoyol, bisiklet otobüs, raylı sistem, tramvay, hızlı tren ve tren güzergâhların belirlenmesi ele alınmıştır. Tüm bu çalışmalar ile kurulacak sistemin etkinliğinin sağlanması, ulaşım taleplerine cevap verebilmesi, toplu taşımaya yönlendirme ve kentsel trafik sorununa çözüm üretme amaçlarının sağlanması hedeflemektedir. Toplu ulaşım sistemlerinin güzergâhlarının belirlenmesinde başarılı olunması kent içi ulaşım problemlerinde iyileştirilmeyi arttıracaktır.

## 4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür çalışması, monoray ve güzergâh belirleme olarak iki başlık altında verilmiştir. Monoray üzerine yapılan çalışmalarda daha çok kentsel alanlar için monoray tanıtılmış ve kullanımı önerilmiştir. Güzergâh belirleme hakkında yapılan çalışmalarda monoray dışındaki farklı ulaşım araçları için araç türleri ve amaçlar doğrultusunda değişik alanlarda çok ölçütlü karar verme ile yapılan uygulama çalışmalarını içermektedir. Bu çalışma, monorayın tanıtılması ve monoray güzergâhlarının belirlenmesinin birlikte ele alınması ile ilk olma özelliği taşımaktadır.

### 4.1. Monoray Hakkında Yapılan Çalışmalar

Ulaşım anlamında Türkiye’de örneğine rastlanmayan bu sistem üzerine yapılmış çalışmalar çok nadirdir. Literatürde dünyada ulaşım anlamında kendine yer edinen monoray üzerine sistemin tanıtılması, avantaj ve dezavantajlarının ele alınması, kentsel alanlarda problemlerin çözülmesi ve teknik özelliklerin irdelenmesi gibi çeşitli alanlarda çalışmalar yapılmıştır. Kentsel ulaşım sorununun çözümü için önerilen ve kullanılan monoray sistemleri için yapılan çalışmalar incelenmiştir:

Brackett. vd. (1982), yılında yaptıkları çalışmalarında monorayı tanımlayarak tiplerinden, karakteristiklerinden, tarihinden ve dünyadaki örneklerinden bahsetmişlerdir. Kikuchi ve Onaka (1988), Japonya için monoraylarda son gelişmeleri gözden geçirmekte ve kentsel ulaşım alternatifleri arasındaki potansiyelini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında Japonya'da düşünülen monorayın özellikleri esas alınmıştır. Jakes (1997), Stratosphere Tower ve Downtown Las Vegas arasında bir monoray taşıma sistemi geliştirme fizibilitesi değerlendirmişlerdir. Bir monoray sisteminin ekonomik etkisi, farklı boyutlarla ele alınmıştır. Hopkins vd. (1999), yapılan çalışmada monoray kentsel ulaşım aracına benzeyen maglev ulaşım araçlarını tanıtmış avantajlarından ve türlerinden bahsederek düşük maliyet, düşük risk ve yüksek hız ile etkili bir ulaşım aracı olacağını belirtmişlerdir. Walker (1999), Las

Vegas monoray projesi hakkında bilgi vermiştir. Kuwabara vd. (2001), monorayın çevre gelişmesi, kısa inşa süresi ve düşük maliyet avantajları ile trafik sıkışıklığı için etkili bir ulaşım aracı olduğundan bahsetmiştir ve lastik tekerlekli monoray trenler çevre dostu sistemler olduğu üzerinde durmuşlardır. Bindirme tarzda monorayın diğer ulaşım araçlarına göre pek çok avantajının olması ile kentsel toplu taşıma sisteminin önemli bir parçası haline geldiğinden bahsetmişlerdir. Bu avantajları, daha iyi bir ortam, daha kısa bir inşaat süresi ve daha düşük maliyetleri içeriyor olması olarak belirtmişlerdir. Bu sistem sayesinde Japonya'nın çevre sorunları ve trafik sıkışıklığı problemlerine etkili bir çözüm ortaya koyulduğundan bahsedilmiştir. Wang (2003), yaptığı çalışmada monoray projeleri inşa süreçlerinden, maliyet ve kalitesinden bahsetmiştir. Gökbulut (2003), tez çalışmasında Ortadoğu Teknik Üniversitesi(ODTÜ) kampüs içi ulaşım için hız ve hareket nosyonları etrafında kampüs için monoray önermiştir. Kato vd. (2004), bindirme tipi monoray sistemi avantajlarından bahsederek, önümüzdeki yıllarda monoray işletmek için kullanılacak sürücüsüz monoray sistemi ile maliyetlerin daha da düşeceği konusuna değinmişlerdir. Sadatsugu vd. (2005), Tama kentsel monoray için simülasyon uygulaması ile alternatif politika ve senaryolardan bahsetmişlerdir. Taketoshi Sekitani, vd. (2005), Çin'in ilk kentsel monorayı olan bindirme tip monoray sistemi tanıtılmış, engebeli yollar, trafik sıkışıklığı ve hava kirliliğine engel olma noktasında çözüm olacağına değinilerek hattın teknik özelliklerinden bahsedilmiştir. Engineering and Consulting Firms Association, Japan Nippon Koei Co Ltd. (2006), firmada yapılan çalışmanın amacı, Bangkok için önceden yapılmış ve devam eden plan ve projeler gözden geçirmektir. Monoray, Otomatik Kızak Transit (AGT), hafif raylı taşıyıcılar (LRT), vb sistemlerini incelenmiş ve tanıtılmıştır. Çalışmada monoraya yer verilerek farklı kentsel ulaşım sistemleri talep ve kapasite dengesi, inşa maliyeti, güvenlik, yapım, çevresel etki ve diğer ulaşım alternatiflerine etki gibi faktörler açısından karşılaştırmışlardır. Kennedy (2008), Kuzey Amerika şehirleri dikkate alınarak yapılan çalışmada monoray hızlı ulaşımı dikkate alınarak, monoray tanımı, monoray türlerini ve özelliklerini anlatmaktadır. Kimijima vd. (2010), Birleşik Arap emirliklerinde sembol olma özelliği taşıyan Dubai Palm Jumeirah adalarında kurulu olan monoray için ada sakinleri tarafından aktif bir şekilde kullanıldığından bahsederek monoray hakkında bilgi vermişlerdir. Çankaya (2011), tez çalışmasında monorayı günümüzün modern toplu taşıma sistemlerinden olduğu ve uygulandığı şehrin çehresini değiştirerek modern bir

görünüm oluşturmada üzerinde durmuştur. Alternatif bir ulaşım modeli olarak sunulan monoray ulaşım sisteminin, uygulanabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir. Monoray ulaşım sistemi hakkında kısa bilgiler verilerek, dünyadaki monoray uygulamaları, mevcut sistemler, sistem birleşenleri ve sistem kurulumu için genel maliyet birleşenleri incelenmiştir. Kocaeli ilinin coğrafi ve demografik özellikleri incelenerek mevcutta kullanılan toplu taşıma sistemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Güzergâh belirlenirken göz önünde bulundurulması gereken kriterler belirtilmiştir. Monoray sisteminin Kocaeli ilinde uygulanabilirliği üzerine fizibilite çalışmalarına değinmiştir. Tarighi (2011), yaptığı tez çalışmasında Monoray olarak adlandırılan Otomatikleştirilmiş İnsan Taşıyıcı (OİT) sistemleri üzerine çalışmıştır. Bu çalışma üniversite yönetiminin hedeflerinden biri olan çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlayan üniversitenin politikalarıyla, uygulamalarıyla ve kültürüyle bütünleştirmek ve böylelikle kampüsün toplam kaynak kullanımını trafik yoğunluğunu ve kazaları azaltmak amacını sağlayacak ODTÜ kampüsünün günlük ulaşım ihtiyacını özgün bir şekilde karşılamaya yönelik finansal teknik ve sosyal yapılabilirliğini değerlendirmiştir. Düşünülen monoray sisteminin kampüs yaşamı üzerindeki maliyet-kazanç etkileri finansal ifadelerle sayısallaştırılmış ve ODTÜ kampüsü için monoray uygulanabilirliğini mali, teknik ve sosyal açıdan değerlendirmiştir. Zhang vd. (2011), artan nüfus beraberinde birçok problem getirdiği ve özellikle artan araç sayısı ile şehirlerin hantallaştığını söyleyerek Kitakyushu şehri ve şehirde bulunan monoray için anket çalışması yapmışlardır. Anket sonucunda giderek artan yaşlanma sorunu için ulaşım önem verilerek ulaşım alt yapısının ve istasyonların iyileştirilmesi gerektiği değerlendirilmesinde bulunmuşlardır. Matsui (2011), teknik ve planlama bakış açısından kentsel ulaşımın gelişmesi ve düşük karbonlu şehirlere Japonya'nın girişimindeki son durumları tanımlamış ve anlatmıştır. Ghafooripour vd. (2012), çalışmalarında mevcut metro ve monoray uygulamaları olan ülkeleri inceleyerek gelişmekte olan ülkeler için uygulanabilirliği maliyet etkinliği üzerinden değerlendirmişlerdir. Bangalore Metro Rail Corporation Ltd. (2012), monoray ve metro raylı sistemlerinin teknik özellikleri karşılaştırılmış kentsel ulaşımında karşılaşılabilecek risk ve sorunlar üzerinde durulmuştur. Metro ve monorayın birbiri yerine geçmeyecek sistemler olduğu, metro raylı yüksek kapasiteli ve monoray orta kapasiteli alternatif olduğu, her biri kendi sınırlamaları ve uygulama alanına sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Kısıtlı kullanımı ve yeni bir teknoloji

olması nedeniyle, tedarik, inşaat ve işletme riskleri sınırlı kullanımı ile monorayın metroya göre işletmesinin daha riskli olduğu üzerinde durulmuştur. Das vd. (2013), Malezya'da faaliyette olan monoray ulaşım sisteminin kullanıcı memnuniyeti açısından etkinliğini değerlendirmiş öneriler sunulmuştur. İstasyon, bilet sayaç, dakiklik, trenlerde temizlik, güvenlik, çevre ve temizlik, trafik sıklığı ve çevre dostu, trenin konforu gibi özellikleri memnuniyet açısından değerlendirilmiştir. Marathe and Hajian (2013), çalışmalarında ekonomiklik, güvenlik ve çevreye duyarlılık açısından monorayın kentsel ulaşımında kullanımının ideal olduğundan bahsetmektedir. Çalışmada daha önce yapılmış çalışmalara değinilerek monorayın özelliklerinden bahsedilmiştir. Parekh vd. (2013), Hindistan, ülke genelinde planlama veya uygulama aşamasında 300 ila 350 km kapsayan 13 proje ile dünyanın monoray başkenti olacağını değerlendirilmiştir. Monorayın yeni ulaşım teknolojisinin geliştirilmesinde bazı çalışmaları inceler ve kentsel alanlarda hızlı ulaşım olan monorayı popüler duruma getiren özelliklerinden bahsedilmiştir. Das vd. (2013), çalışmalarında Japonya'da bulunan Kitakyushu monoray ile Malezya'da bulunan Kuala Lumpur monoraylarını karşılaştırarak benzer ve farklı yönlerini değerlendirmişlerdir. Ceder vd. (2014), ekonomik açıdan skycabs kabinlerinin alternatiflerine göre uygun olduğu ve tercih edilebilir olduğunu farklı analiz yöntemleri ile ortaya konmuştur.(Skycabs, monoraylardan daha küçük kapasiteye sahip benzer taşıma kabinleridir). Zhang vd. (2014), Kitakyushu monorayını çevreleyen alanlarda geçerli nüfus araştırması yapılarak nüfus tahmini yapılmış ve monoray istasyonlarının kullanım durumları hakkında tahminlerde bulunmuşlardır. Liu vd. (2014), geleneksel raylı ulaşım sistemleri ile monoray sistemini karşılaştırarak monoray sistemlerinin çeşitleri, avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Hussien (2014), çalışmasında Amman'da monoray sistemi ve BRT (Bus Rapid Transit) arasında karşılaştırma yapmıştır. Her sistem için maliyetler, ücretler ve sosyal etkilerinin vb. etrafında avantajları ve dezavantajları hakkında çalışılmıştır. Sonuçta BRT'ye göre monoray, kullanıcıları için zaman ve maliyet açısından avantajlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda kentsel alanlarda trafik sıklığının çözümünde monorayın iyi bir kentsel ulaşım aracı olduğu sonucuna varılmıştır. Li vd. (2015), asma tip monorayı (suspended monorail) teknik fizibilite ve kentsel uyumu, kapasitesi, teknik özellikleri ve yapım maliyeti esas alınarak analiz edilmiştir. Almanya ve Japonya'da asma monoray sistemlerinin operasyonel özelliklerinden

bahsedilerek Çin için monoray önerilmiştir. Modern tramvay, otobüs (BRT), ve metro ile karşılaştırıldığında, monoray teknoloji, mühendislik, inşaat ve maliyet gibi avantajlara sahip olduğu ve kentsel raylı ulaşımında yeni bir gelişme sağlayacağı üzerinde durulmaktadır. Tennessee Department of Transportation (2015), monoray uygulanabilirliği adına fizibilite niteliğinde bir çalışma ortaya koyulmuştur. Timan (2015), çalışmasında metropolitan şehirlerin trafik sorunu için monoray sistemlerinin uygun bir çözüm aracı olacağı üzerinde durulmuştur. Monoray tarihine değinen yazar, sistemin özelliklerinden bahsetmiştir. He (2015), yapmış olduğu çalışmada bindirme tip monoray sisteminin özelliklerinden bahsederek git gide popüleritesinin arttığına değinmiştir. Lastik tekerlek ve beton kirişler üzerinde hareket eden, güçlü tırmanma yeteneği, dönüş yarıçapı, daha az arazi işgali, sessiz çalışma, orta hacimli ve düşük maliyet özellikleri ile farklı bir kentsel raylı sisteminin bir türü olarak tanımlamış ve gelecekte dağ şehirleri, kıyı şehirleri, tarihi ve kültürel şehirler, için favori kentsel raylı ulaşım sistemi olacağından bahsetmiştir. Hamurcu ve Eren (2015a), çalışmalarında Ankara'da yapımı düşünülen monoray hattı için çok ölçütlü karar verme teknikleri kullanılarak güzergâh seçimi yapmışlardır. 8 güzergâh 15 kriter etrafında değerlendirilmiş ve en iyi rotayı seçmeye çalışmışlardır. Hamurcu ve Eren (2015b), çalışmalarında Türkiye için monoray önermiş, kentsel alanlarda trafik sorununun çözümü için, turizm amaçlı vb alanlarda monorayın kentsel ulaşımında çözüm olacağını değerlendirmişlerdir. Dünyadan örnekler vererek kullanımının yaygınlaştığı ve popülerliğinin arttığını söylemişlerdir. Hamurcu vd. (2016) alternatif monoray projeleri arasından en uygun olanını seçmeye çalışmışlardır.

Yapılan tüm bu çalışmalar kentsel ulaşımı iyileştirmeye yönelik yeni bir ulaşım sisteminin önerisi, tanıtımı ve yapılabilişliliği üzerineyken son dönemde daha da özel konulara girilerek çeşitli projeler arasından seçim, kapasitesinin belirlenmesi gibi uzmanlık gerektiren alanlarda çalışmalar literatürde mevcuttur.

## 4.2. Güzergâh Belirleme Üzerine Yapılan Çalışmalar

Güzergâh belirleme üzerine yapılan çalışmalar, ağırlıklı olarak otoyol, tramvay, hızlı tren, raylı sistem, otobüs güzergâhı belirleme ve istasyon yeri seçimi gibi çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca güzergâh seçimine etki eden faktörlerin belirlenmesinde literatür çalışmasının yanı sıra uzman görüşüne başvurulmuştur. Literatür incelemesinde yararlanılan çalışmalar aşağıda verilmiştir. İncelemede güzergâh belirlemede nelere dikkat edildiği, tercih edilebilirlik açısından nelerin olması gerektiği, kurulacak sistemin etkin olarak işleyebilmesi için hangi faktörlerin değerlendirmede yer alması gerektiği konuları araştırılmıştır. Gerçekleştirilen literatür çalışmasından istifade edilen çalışmalar sırası ile verilmiştir.

Engin (1995), toplu ulaşım sistemlerinden otobüsler için en uygun zaman çizelgelerini oluşturmak amacıyla genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır. Yolcu sayıları, hat güzergâhı, otobüs sayısı, otobüs kapasitesi ve yolculuk taleplerini girdi olarak kullandığı çalışmada otobüs hattının optimizasyonunu sağlanmaya çalışmıştır.

Ratner (2000), ABD’de gerçekleştirilen raylı sistem yatırımlarını ele almıştır. Özel araçların trafikten çekilebilmesi için hem nüfusun hem de istihdamın yoğun olduğu bölgelerde raylı sistemlerin yürüme mesafesinde olması gerektiği üzerinde durmuştur.

Kalamaras vd. (2000), çalışmalarını otoyol güzergâhı belirleme üzerine yapmış ve otoyol için çevre üzerindeki etkisinin azaltılması, uyum, işlevsellik, inşaat süresinin en aza indirilmesi, ekonomik yatırım sonuçlarının inşaat ve işletme maliyetleri minimizasyonu gibi kriterler etrafında değerlendirme yapmışlardır.

Zhongzhen ve Hayashi (2002), büyük şehirlerdeki raylı sistemlerin başlangıç ve bitiş noktalarının nerelerde olması ve güzergâhın hangi bölgelerden geçmesi gerektiğini bulmaya çalışarak her binaya yürüme mesafeleri ile optimum istasyon bölgelerini ve güzergâhı bulmaya çalışmışlardır.

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

Piantanakulchai ve Saengkhaio (2003), Tayland'da alternatif otoyol güzergâhlarının belirlenmesi için bir vaka çalışması yapılmıştır. Yöntem olarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve AHP kullanılmıştır. Değerlendirmelerinde kriterleri kullanıcı, toplum ve yönetim açısından ulaşım etkilerini, seyahat süresi, seyahat maliyeti, güvenlik, erişebilirlik; ekonomik ve finansal etkileri, ekonomik gelişme, proje maliyeti, yatırımın geri dönüşü, sosyal etki, görsellik, hava kirliliği, ses, enerji tüketimi ve titreşim gibi alt kritere ayırmıştır.

Gerçek vd. (2004), çalışmalarında muhtemel 3 farklı raylı ulaşım ağını AHP yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede ana ulaşım planı ve eğilim doğrultusunda 4 ana kriter başlığı ve 16 alt kriter ile İstanbul için en iyi raylı ulaşım ağı belirlenmeye çalışılmıştır.

Hochmair (2005), rota seçim kriterlerinin uygun sınıflandırılması yapılmış ve çalışmalardan elde edilen verilerle birlikte bisiklet rotası planlama için rota seçim kriterlerinin bir hiyerarşik yapısını değerlendirmek üzere bir yöntem sunmuştur. 35 adet kriter değerlendirmiş ve 4 kategori altında sınıflandırmıştır.

Piantanakulchai (2005), otoyol güzergâh planlamada çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan ANP kullanarak, 6 ana kriter ve 34 alt kriter üzerinden değerlendirmiştir.

Verma ve Dhingra (2005), yolculuk talebi bazlı raylı sistem tasarımında coğrafi bilgi teknolojilerinin nasıl kullanılabileceğini açıklamışlardır. Ayrıca raylı sistemin bütün toplu taşıma sistemleri ile entegre olacak şekilde hem karar vericiler hem de kullanıcılar açısından değerlendirilerek planlanması gerektiği üzerinde durmuşlardır.



Ludin vd. (2006), çalışmada hafif raylı ulaşımda arazi kullanımını ve en uygun güzergâhı belirlemek için çok kriterli karar verme tekniğini kullanmışlardır.

Watanabe vd. (2006), çalışmalarında CBS kullanarak yeni trafik araçları (mini monoray) tanıtmışlardır. Japonya'da dağlık bir kentsel alan olan Nagasaki şehri incelemiştir. AHP kullanarak kendi göreceli önemini hesaplamak için kullanılan yollar, eğim, kontrol noktası, konut yoğunluğu ve mesafeyi dikkate alarak sekiz olası rotayı, toplam puanlarının mekânsal dağılımına dayanarak belirlenmiştir.

Hasse (2007), 4 farklı raylı sistem güzergâh alternatifini, çok kriterli karar verme yöntemleri ve CBS ile tespit etmeye çalışmıştır. Teknik yapılabirlik, fizibilite karşılaştırmaları, yolculuk talebi ve çekim noktalarına olan mesafeleri kriter olarak analizlerinde kullanmıştır.

Yao (2007), yaptığı çalışmasında toplu taşıma güzergâhlarının belirlenmesinde yolculuk talep tahminlerinin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğini tarif etmekte ve geleceğe yönelik nüfus, yolculuk sayısı ve kentsel gelişim tahminleri üzerinden yeni toplu taşıma sistemlerinin nerelerde olması gerektiği yönünde öneriler getirmiştir.

Jha vd. (2007), raylı sistem güzergâh seçiminde konut bölgeleri, hane halkı karakteristikleri, nüfus, demografik yapı, toplu taşıma istasyon noktaları, yolculuk süreleri, yolculuk talepleri vb. pek çok kriterden yola çıkarak en iyi alternatifin nasıl seçilmesi gerektiğine dair bir model ortaya koymaktadırlar. Aynı zamanda hem yolcu hem de inşa ve işletme firması açısından maliyet analizleri yapılmışlar ve en iyi güzergâhı bulunmaya çalışmışlardır.

Akad ve Gedizlioğlu (2007), çalışmalarında bir kent içi koridorda, hangi toplu taşıma sisteminin uygulanması gerektiğine ilişkin verilecek olan karar süreci için analitik hiyerarşi yöntemi uygulanmıştır. Bu karar sürecinde toplu taşıma sistemlerinde, taşıtların yolculuk süreleri, değişen yolcu talebi, durak aralıkları, ödeme türü, ödeme süresi, taşıt hızı, yolcuların taşıtlara biniş ve iniş süresi gibi performans göstergeleri üzerinden değerlendirmeler yapmışlardır.

Farkas (2009), çok kriterli karar verme yöntemleri ve coğrafi bilgi teknolojilerinin bir arada kullanılarak hem mekânsal hem de mekânsal olmayan verilerin analizini ile ekonomik, kurumsal, yönetsel, sosyal ve çevresel faktörleri bir analitik hiyerarşi ağacında toplayarak kent içi ulaşım güzergâhlarının belirlenmesine yönelik çalışmıştır.

Kim vd. (2009), çalışmada yüksek hızlı tren için en uygun koridoru tespit etmek amacıyla mekânsal karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Değerlendirme kriterlerini mühendislik, çevre ve nüfus olarak belirlemiştir.

Toraman (2009), tez çalışmasında mekânsal çok ölçütlü karar analiz yöntemi kullanılarak İstanbul'da üçüncü köprünün yapılması durumunda bağlantı sağlayacağı çevreyolunu tasarlamıştır. Çevre yolunun planlanmasında etkili olan faktörleri sosyal, çevresel, ekonomik, topografya ve ulaşım yeteneği ölçütleri şeklinde sıralanmıştır. Bu faktörler ile ulaşım ağıyla uyumlu, yapım maliyeti düşük, çevreye zararı az olan güzergâhı belirlemeye çalışmıştır.

Brunner (2010), çalışmasında, raylı toplu taşıma güzergâhlarının belirlenmesi ve istasyon yer seçimleri yapılan analizlerde demografik, sosyal ve çevresel faktörler göz önüne alınmıştır.

Mohajeri ve Amin (2010), raylı sistem istasyon yer seçimi Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP) nasıl kullanılabileceğini açıklamaya çalışmışlardır. Değerlendirmeyi teknik açıdan, yolcu açısından, mimari ve şehircilik açısından ve ekonomik açıdan ele almışlardır.

Macura vd. (2011), çalışmada demiryolu altyapı yatırım projelerinin seçimi ile ilgili sorunu dikkate alarak, sorunun doğasına en uygun yöntem olarak Çok kriterli analitik ağ sürecini kullanmıştır. Trafik hacmi, fayda-maliyet oranı, trafikte geçirilen süre, hat kapasitesi ve uluslararası anlaşmalara uyum kriterleri doğrultusunda 8 alternatif güzergâh arasından ANP yöntemi ile seçimi yapılmıştır.

Brunner vd. (2011), çalışmalarında teknik, sosyal, ekonomik ve çevresel faktörleri bir araya getirerek optimum toplu taşıma güzergâhının belirlenmesinde kullanmışlardır. Bunun içinde CBS tabanlı Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle değerlendirme yapmışlardır.

Kennedy (2011), yüksek hızlı raylı sistem güzergâhlarının kamulaştırılmış mevcut yollar üzerinden geçmesi ve kamulaştırma gerektirecek alternatif güzergâhlardan geçmesi arasındaki farklılıkları değerlendirmiştir.

Cankaya (2011), Kocaeli ili için monoray ulaşım sisteminin uygulanabilirliği üzerine yaptığı çalışmasında bir kısmında uygulanabilir güzergâh seçimini farklı kriterler açısından ele almıştır.

Martin ve Greenwood (2012), yüksek hızlı tren güzergâhlarının hızlı ve çok daha düşük maliyetli olarak planlanabileceğini belirterek değerlendirmelerde fizik, ve beşeri coğrafyaya ait çeşitli faktörler kullanmışlardır.

Kosijer vd. (2012), en iyi rota seçiminde çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan VIKOR yöntemini kullanmışlardır.

Kosijer vd. (2012), çalışmalarında demiryolu güzergâhı belirlemede; demiryolu inşaatı yatırımı, işletme ve bakım, hattın kapasitesi, fiziksel gelişim üzerinde yaratacağı etkiler ve çevre üzerine etkisi kriterleri üzerinden VIKOR yöntemi ile değerlendirmelerde bulunup farklı senaryolar göstermiştir.

Hayati vd. (2013), orman yol ağı planlama ve değerlendirmesi için bir model önerisi getirmiş ve çok kriterli analiz tekniği uygulamışlardır. Analitik hiyerarşi süreci ve duyarlılık analizi (AHP-SA) ile kriterleri, toprak yapısı ve heyelan duyarlılık, eğim, taş yapısı, dere ağlarına uzaklık, faylar, jeoloji, heyelana duyarlılık, erozyon duyarlılığı gibi kriterleri dikkate alarak duyarlılık analizlerini yapmıştır.

Blainey ve Preston (2013), raylı sistem güzergâh tasarımlarının birinci derecede etkileyen istasyon lokasyonlarının nasıl seçilmesi gerektiği ile ilgili yaptıkları çalışmalarında yolculuk talebinin yanı sıra finansal açıdan da yaklaşmış ve

istasyonların hangi bölgelerde yapılması gerektiği ile ilgili analizlere dayalı bir model geliştirmişlerdir.

Saat vd. (2013), çalışmada ulaştırma üzerine çok kriterli karar analizi literatürü gözden geçirilmiş ve Malezya'da HSR koridor önceliklendirme bağlamında çok ölçütlü yöntemleri kullanarak hızlı tren koridor / güzergâh seçimi çalışması inşa, maliyet, potansiyel kullanıcı ve hat boyunca şehirlerin geometriği kriterleri etrafında yapılmıştır.

Effat ve Hassan (2013), çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yöntemini Sina Yarımadası çöl ortamında üç şehiri bağlamak amacıyla bir koridor için en az maliyetli yolu geliştirmekte kullanılmıştır. Yol en az maliyete sahip olmalı ve çevreye kaynaklanabilir olumsuz etkilere karşı korunmalıdır. Çevresel ve ekonomik faktörler analitik hiyerarşi süreci kullanılarak bir mekânsal çok kriterli modeli ile entegre edilmiştir. Yolları karşılaştırmak için çok ölçütlü değerlendirme kullanıldı. Mühendislik ve inşa başlığında kaya türü, fay hatları ve eğim, çevre kültürü, ekoloji ve arazi örtüsü gibi maliyet oluşturacak kriterler dikkate alınmıştır.

Keshkamat (2013), çalışmada büyük ölçekli karayolu ağ planlaması ulaştırma verimliliği, çevre faktörü, sosyal etki ve güvenlik ile ekonomiklik ana kriterleri çerçevesinde değerlendirmiştir.

Kırlangıçoğlu (2014), çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak yaptığı çalışmasında raylı sistem tasarım sürecine etki eden tüm faktörleri değerlendirerek karar destek sistemi ortaya koymuştur. Çalışmada önerilen tasarım modelini İstanbul şehri için başarıyla uygulamıştır. Raylı sistem yatırımları için uygun bölgeler önerilen model ile tespit edilmiştir.

Alkubaisi (2014), en iyi tramvay güzergâhı seçim çalışması yapmıştır. Altı alternatif rota önerilmiş ve bunu yaparken çok kriterli karar verme yöntemi ile birlikte bir CBS tabanlı sistem kullanmıştır.

Banai (2015), Çok ölçütlü karar verme yöntemi olan analitik hiyerarşi proses (AHP) metodunu hafif raylı sistem koridoru ve alternatif güzergâhları değerlendirmek üzere kullanmıştır.

Hamurcu ve Eren (2016), çalışmalarında çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden ANP ve TOPSIS metodları ile farklı güzergahlar arasından en iyi olan monoray güzergahını belirlemeye çalışmışlardır.

Konu hakkında literatürü incelediğimizde monoray güzergâhı belirleme üzerine yapılmış geniş çaplı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu anlamda ilk olma özelliği taşıyan bu çalışmada çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile güzergâh belirleme ve kentsel ulaşımına etki eden faktörler monoray güzergâhı için belirlenip güzergâh seçimi yapılmıştır.

## 5. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME(ÇÖKV) YÖNTEMLERİ

İş hayatında, günlük hayatta ve birçok konuda kararlar vermekteyiz ve verdiğimiz kararlar doğrultusunda faaliyetlerimiz şekillenmektedir. Böyle bir durumda vereceğimiz kararların hedeflerimiz doğrultusunda olması gerekmektedir. Diğer bir deyişle amaçlarımıza ulaşmak için birçok faktörü göz önünde bulundurduğumuz müddetçe amacımıza yönelik kararlarımız daha kararlı ve tatmin edici olacaktır. Bu durumda amaçlarımız için belirlediğimiz kriterlerin karar vericiler açısından önemleri doğrultusunda değerlendirilip sonuca gidilmelidir. Çok ölçütlü karar verme, karar vericilere en iyi alternatifi seçme konusunda yardımcı olmaktadır. Günlük hayatta kişisel kararlardan stratejik ve kritik kararlara kadar çeşitlilik gösteren ÇÖKV problemleriyle çok geniş bir alanda karşılaşılmaktadır. Çok ölçütlü karar verme; sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya eleme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen faktörleri değerlendirilme imkânı tanıyan ve farklı ölçü birimlerini tek çatı altında toplayarak çok sayıda kriter etrafında değerlendirme, seçim ve ağırlıklandırma işlemi olarak tanımlanabilir (Ersöz ve Atav, 2011).

Çoğu karar probleminde ölçütlü sayısı birden çoktur. Bu tür karar problemlerinin karmaşıklığını arttıran diğer bir unsur da bu ölçütlerin birbirleri ile çelişmesidir. Çok ölçütlü karar verme, aynı zamanda birden fazla ve birbiriyle çelişen ölçütlerin varlığında karar vermek olarak tanımlanır (Yurdakul ve İç, 2005).

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri fen bilimleri, sosyal ve beşeri bilimler, ekonomi ve finans gibi ana bilimlerde olmak üzere performans analizi, veri tabanı seçimi, ürün tasarımı, üretim, strateji, pazarlama, risk analizi, kaynak tahsisi, tesis yeri seçimi, ulaşım, eğitim hukuk, sağlık, tıp, portföy seçimi, yazılım seçimi ve proje seçimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

## 5.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılan analitik hiyerarşi süreci (AHS), 1977'de Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir. Karar kriterlerinin önem düzeyi ve karar seçeneklerinin değerlendirilmesinde görüşlerin farklılık gösterdiği karar problemlerinin çözümünde AHS etkin karar verme imkânı oluşturmaktadır. AHS karmaşık kararlar için kurulan hiyerarşi süreci ile karar problemlerini sonuçlandırmak üzere yapılandırılmış bir tekniktir. AHS, kişinin kararlarını düzenleyerek çözüm üretmeye çalışılan bir süreçtir.

Tedarikçi seçim problemlerinde (Narasimhan, 1983; Nydick ve Hill, 1992; Partovi, 1989; Aydın vd, 2009, Dağdeviren ve Eren, 2001; Öztürk vd, 2011), mobil servislerin ve bu servislere yönelimi etkileyen faktörlerin değerlendirilmesinde (Nikou ve Mezei, 2013), mobil ağ operatörü seçiminde (Hassan vd., 2013), teknoloji transferinde öncelik faktörlerinin belirlenmesinde (Lee vd., 2012), proje değerlendirmesinde (Vidal, 2011), üniversite gençliğinin iş ve eş seçiminde (Aytaç ve Bayram, 2002; Alpoğlu, 2003), otomobil seçiminde (Güngör ve İşler, 2005), denizaltılarının seçiminde (Yetim, 2008) üniversite için bölüm seçiminde , (Özyörük ve Özcan, 2008), hastane yeri seçiminde (Erden ve Coşkun, 2010), itfaiye istasyonu yerlerinin belirlenmesinde (Arslan ve Güler, 2011) AHS yöntemi kullanılmıştır.

Bir karar verme probleminin AHS ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken aşamalar aşağıda tanımlanmıştır. Her bir aşamada ilgili açıklamalar yapılmıştır.

### **Adım 1:** Karar Verme Problemi Belirlenmesi

Karar noktalarını ve karar noktalarını etkileyen faktörlerin saptanması ile iki aşamadan oluşan bir karar verme problemi tanımlanır. Bu çalışmada karar noktalarını satırlar, karar noktalarını etkileyen faktörler sütün değerleri olarak ifade edilmektedir. Bu

adımda probleme ait amaç ve kriterler doğru bir şekilde belirlenmelidir. Aksi takdirde burada yapılan bir hata problemin yanlış çözülmesine neden olmaktadır.

## Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrisi Oluşturulur

Boyut büyüklüğü  $n \times n$  olan bir kare matris oluşturulur. Bu matris kriter ve/veya alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisidir. Karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (a_{11}, a_{22}, \dots, a_{nn}=1)$$

Köşegen matrisinin bir değerinin "1" olması kendisi ile karşılaştırılma yapılmasından dolayıdır. Çizelge 5.1'de gösterilen önem skalasına göre yapılan birebir ve karşılıklı değerlendirmeler sonucunda karşılaştırma matrisi oluşturulur.

İkili karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri köşegeninin üstünde veya altında kalan değerler için yapılır. Matrisin köşegen değerleri haricindeki bileşenler için (5.2) formülünü kullanmak yeterli olacaktır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (5.2)$$



**Çizelge 5. 1 - Önem Skalası**

Önem Değerleri	Değer Tanımlama
1	Eşit önem
3	Daha önemli
5	Çok önemli
7	Çok güçlü bir önem
9	Mutlak üstün bir önem
2, 4, 6, 8	Ara değerler

**Adım 3:** Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımları Belirlenir

Faktörlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, matrisin normalize edilmesi gerekmektedir. Bunun için ise karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır ve  $n$  adet ve  $n$  bileşenli B sütun vektörü eşitlik 2.14 ile hesaplanır

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5.3)$$

Yukarıda anlatılan adımlar her bir değerlendirme faktörleri içinde tekrarlandığında faktör sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir.  $n$  adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise C matrisi oluşturulacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

C matrisinden yararlanarak, faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilir. Bunun için (5.4) formülünde gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir. W vektörü aşağıda gösterilmiştir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (5.4)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

#### Adım 4: İkili Kıyaslamalarındaki Tutarlılığın Testi

AHS kendi içinde tutarlılık kontrolünü sağlayacak sistematığe sahiptir. Karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olan AHS, sonuçta elde edilen Tutarlılık Oranı (CR) ile, bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesi imkânını sağlamaktadır. AHS, CR hesaplamasının özünü, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen ( $\lambda$ ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır.  $\lambda$ ' nın hesaplanması için öncelikle D sütun vektörü, A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \left[ \begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{matrix} \right] \\ \lambda \end{matrix}$$

Bulunan  $D$  sütun vektörü ile  $W$  sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer ( $E$ ) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması (5.6) formülü ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ( $\lambda$ ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5.5)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (5.6)$$

$\lambda$  Hesalandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi ( $CI$ ), (5.7) formülünden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5.7)$$

Son aşamada ise  $CI$ , Random Göstergesi ( $RI$ ) olarak adlandırılan ve Çizelge 5.2'de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek (5.8)  $CR$  elde edilir. Çizelge 5.2' den faktör sayısına karşılık gelen değer seçilir.

**Çizelge 5. 2 - RI Değerleri**

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	1,48	1,56	1,57	1,59

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5.8)$$

Hesaplanan  $CR$  değerinin,  $CR < 0.10$  olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir.  $CR > 0.10$  olması ya AHS' deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir. Bu durumda 1. Adıma dönülüp tekrar kriterler ve karşılaştırmalar değerlendirilir veya işlem süreçlerinin doğruluğu kontrol edilir.

#### **Adım 5:** Faktörler İçin Yüzde Önem Dağılımları Bulunur

Adım 5'te her bir faktör açısından karar noktalarının yüzde önem dağılımları belirlenir. Diğer bir deyişle birebir karşılaştırmalar ve matris işlemleri faktör sayısı kadar ( $n$  kez) tekrarlanır. Ancak bu kez her bir faktör için karar noktalarında kullanılacak  $G$  karşılaştırma matrislerinin boyutu  $m \times m$  olacaktır. Her bir karşılaştırma işleminden sonra  $m \times 1$  boyutlu ve değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımlarını gösteren  $S$  sütun vektörleri elde edilir. Bu sütun vektörleri aşağıda tanımlanmıştır:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix}$$

#### **Adım 6:** Sonuç Dağılımının Bulunması

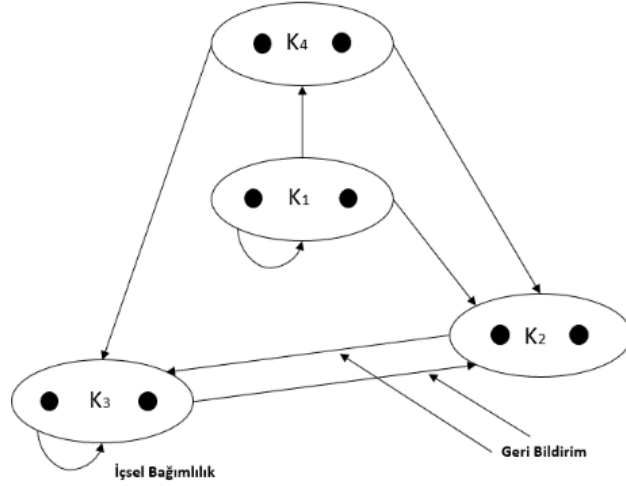
Bu adımda öncelikle, adım 5 te belirlenen  $n$  tane  $mx1$  boyutlu  $S$  sütun vektöründen meydana gelen ve  $mxn$  boyutlu  $K$  karar matrisi oluşturulur.

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix}$$

Sonuçta karar matrisi  $W$  sütun vektörü (öncelik vektörü) ile çarpıldığında ise  $m$  elemanlı  $L$  sütun vektörü elde edilir.  $L$  sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını verir. Diğer bir deyişle vektörün elemanlarının toplamı 1 dir. Bu ağırlıklar aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da gösterir

## 5.2. Analitik Ağ Süreci (AAS)

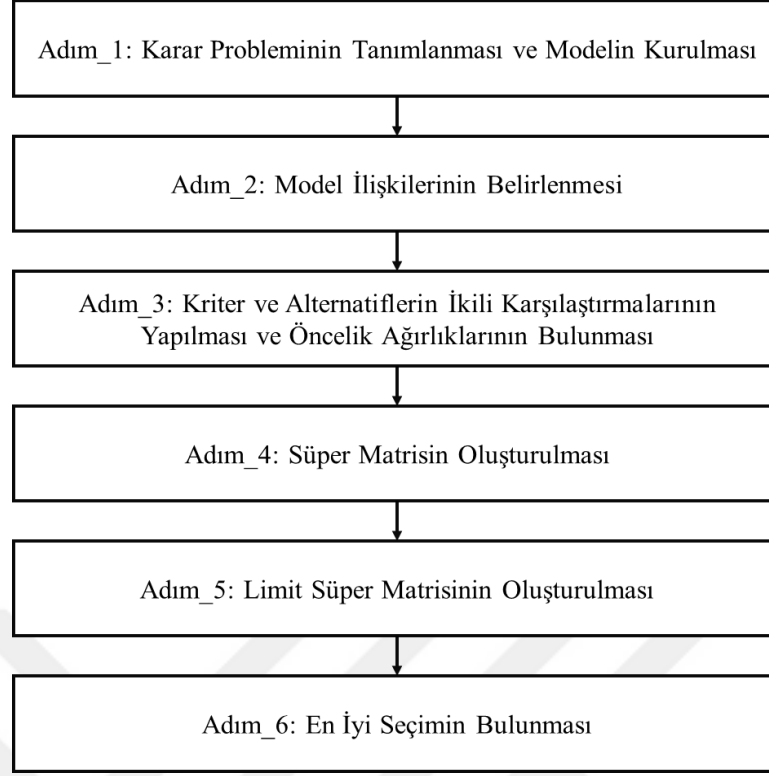
AAS, Saaty tarafından geliştirilmiş, AHS yaklaşımından daha genel bir yaklaşım olan çok ölçütlü bir karar verme tekniğidir. AAS, AHS’de olduğu gibi ikili karşılaştırmalar esasına dayanmaktadır. Karmaşık karar durumlarının daha doğru bir şekilde modellenebildiği bir yaklaşım olarak karar verme kriterleri ve seçenekleri arasında ve kendi içlerinde geri besleme ve bağımlılığı esas almaktadır. AHS’deki tek yönlü hiyerarşi daha karmaşık ve karşılıklı ilişkilerin olduğu problemlerde doğru seçim tam anlamıyla yapılamaz. Bu nedenle AHS’deki hiyerarşik yapıdan farklılık gösterir. Hiyerarşik yapıyı ortadan kaldırarak oluşturulan ağ yapısı kurulmaktadır. Şekil 5.1’de olası ağ yapısı gösterilmiştir.



**Şekil 5. 1 - Ağ yapısı**

Bu yapı sayesinde, doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır. Sonrasında ise birbirine etki eden bileşenler ve kümeler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak birbirlerine etki derecelerine yönelik bir çıkarsama yapılır. Sistemdeki geri bildirim, birbirleriyle doğrudan bağlantılı olmayan bileşenlerin de birbirlerini dolaylı olarak etkilemesine yol açan çift yönlü etkileşimlerle gerçekleşmektedir. AAS, AHS’de olduğu gibi ikili karşılaştırma metodu uygulanır. İkili karşılaştırma Saaty tarafından geliştirilen ve AHS’de anlatılan 1 -9 ölçeği kullanılır. (Saaty:1980; Saaty, 1996)

AAS’nin AHS’ye göre farklarından birisi de karşılaştırmalar sonrasında bulunan Ağırlıklandırılmamış süper matris, ağırlıklandırılmış süper matris ve limit süper matrislerinin kullanılmasıdır. Kriterlerin birbirleri arasında yapılan ikili karşılaştırmaları sonrasında elde edilen ağırlıklandırılmamış süper matris, ağırlıklandırılmamış süper matrisin kendi içinde bulunan ilgili kümelerin ağırlıklandırılmış değeri ile çarpımı sonucunda; limit süper matris, benzer satıra karşılık gelen ağırlıklandırılmış süper matrisin sütun değerinin yakınsadıkları değere ulaşmaya kadar kuvvetinin alınmasıyla oluşur. Sürecin akış diyagramı Şekil 5.2’de verilmiştir.



**Şekil 5. 2 - AAS Akış Şeması**

Bu süreçte AHS'de olduğu gibi ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Yapılan karşılaştırmaların tutarlılığının test edilmesinde yine AHS'de olduğu gibi yapılmakta aynı formüller kullanılmaktadır. Adım 3'te kriterler arası yapılan ikili karşılaştırmalar neticesinde bulunan matrisin ilgili kümelerinin ağırlıkları ile çarpılması sonucunda ağırlıklandırılmış süper matris oluşturulur. Sonraki aşamada limit süper matrisini, ağırlıkların eşitlenmesini sağlamak amacıyla, ağırlıklandırılmış süper matrisin  $2k+1$ . ( $k$  rastgele seçilmiş bir değer olmak üzere) dereceden kuvveti alınır. Sabit bir sayıya ulaşıncaya kadar bu işlem devam eder. Böylece sonuç ağırlıkları bulunmuş olur.

AAS, AHS ile benzer şekilde alternatiflerin önem derecelerini değil aynı zamanda kriterlerin de kendi içinde önem derecelerini ortaya koymaktadır (Saaty, 2009, Singh vd. 2012).

AAS, çok fazla kriter ve alternatifin değerlendirilmesi gereken karmaşık karar problemlerinin söz konusu olduğu birçok alanda yaygın olarak tercih edilen bir yöntem olmuştur. Bu kapsamda toplam kalite yönetiminde (Bayazit ve Karpak, 20007), bilgi

teknolojilerinde (Kengpol ve Tuominen, 2006), kurumsal kaynak planlamada (Hallikainen, 2009), stratejik ortak seçmede (Chen, 2008; Büyüközkan, 2008), yeni ürün geliştirmede (Lee vd., 2008), ürün karışımı planlamada (Chung, 2008), tersine lojistik proje seçiminde (Ravi vd., 2008), araştırma ve geliştirme projesi seçiminde (Meade vd., 2002; Ravi vd., 2005), makine seçiminde (Yurdakul, 2004), kalite evi performans geliştirmede (Kahraman vd., 2006), üçüncü parti lojistik firma seçiminde (Özbek ve Eren, 2013), hedef programlama ile hemşire çizelgelemede (Bağ vd., 2012), performansı ölçümünde (Lin vd., 2009; Yurdakul, 2003), tedarik zinciri yönetiminde (Meade, 1998; Choudhury, 2004; Thakkar vd., 2005; Dağdeviren vd., 2005; Dağdeviren, 2006; Jharkharia ve Shankar, 2007, Agarwal vd., 2006), imalat sistemlerinde (Bayazıt, 2002; Güngör, 2006) tesis yeri seçiminde (Cheng vd., 2005; Burnaz ve Topçu, 2006; Partovi, 2006; Tuzkaya, vd., 2008), proje değerlendirmede (Meade vd., 2002; Lee vd., 2001; Meade vd., 2002), üretim planlamada (Karsak vd., 2002; Chung vd., 2005), stratejik yönetimde (Yüksel ve Dağdeviren, 2007; Wu vd., 2008), bilgi yönetiminde (Wu vd., 2007) AAS yöntemi kullanılmıştır.

### **5.3. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)**

Çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biri olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi günlük hayatta karar vermede sıklıkla kullanılmaktadır. Gerçek hayat problemlerinde basit kullanışı olup gerçekçi sonuçlar üretebilmektedir. TOPSIS, Hwang ve Yoon (1980) tarafından geliştirilmiş, uygulaması oldukça basit olan ve gerçekçi sonuçlar üreten bir sıralama yöntemidir. Yöntemin uygulanması için, göstergelerin nümerik olması, tek yönlü bir seyir göstermesi (artış/azalış) ve aynı birimle ölçülebilmesi gerekmektedir. Bu çözümlerde kriterlere atanabilecek en iyi ve en kötü değerler ayrı ayrı göz önüne alınır. Sonuçta, seçilecek veya sıralanacak alternatif ideal çözüme en yakın mesafede bulunandır. İdeal çözüme en yakın mesafede bulunan alternatif, negatif ideal çözüme en uzak mesafede bulunur. Herbir alternatif için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri büyükten küçüğe sıralanarak tercih sırası elde edilir (Chen ve Hwang, 1992; Tabucanon, 1988).



Bu yöntem stratejik tedarikçi seçiminde (Shyur and Shih, 2006), çok ölçütlü envanter planlamada (Tsou, 2008), yük taşımacılığı seçiminde (Onüt ve soner, 2008), optimizasyon problemlerinde (Olcer, 2008), AHP ile birlikte bursiyer seçiminde (Abalı vd., 2012) ve hizmet sağlayıcı seçiminde (Özbek ve Eren, 2013), performans değerlendirmede (Yurdakal ve İç, 2003; Yükçü ve Atağan, 2010; Demireli, 2010; Korkmaz, 2012), personel seçiminde (Shih, 2007) hizmet kalitesi ölçümünde (Beni'tez, 2007), tersine lojistik sağlayıcı seçiminde (Kannan vd., 2009), malzeme seçiminde (Demireli ve Tükenmez, 2012) kullanılma gibi geni bir kullanım alanına sahiptir.

Çözüm süreci 6 adımdan oluşan TOPSIS yönteminin adımları:

#### **Adım 1:** Karar matrisinin oluşturulması

Üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları ve değerlendirme faktörleri sırası ile karar matrisinin satırlarında ve kullanılacak değerlendirme faktörleri ise sütünlarda yer almaktadır. Karar verici tarafından oluşturulan  $A$  matrisi başlangıç matrisi aşağıda gösterilmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$A_{ij}$  matrisinde  $m$  karar noktası sayısını,  $n$  değerlendirme faktörü sayısını verir.

#### **Adım 2:** Standart Karar Matrisinin( $R$ ) Oluşturulması

Oluşturulan  $A$  matrisinden yararlanılarak eşitlik 5.9 denklemi ile hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (5.9)$$

Oluşturulan  $R$  matrisi gösterilmektedir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

### Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin ( $V$ ) Oluşturulması

Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir.  $V$  matrisi,  $R$  matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili  $w_i$  değeri ile çarpılarak oluşturulur.  $V$  matrisi gösterilmektedir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

### Adım 4: İdeal ( $A^*$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, değerlendirme faktörlerinin monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır.

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için  $V$  matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme

faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (5.10)$$

(5.10) eşitliğinde hesaplanacak set  $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$  şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm seti ise,  $V$  matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (5.11)$$

$A^-$  (5.11) eşitliğinde hesaplanacak set  $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$  şeklinde gösterilebilir.

Her iki eşitlikte de  $J$  fayda (maksimizasyon),  $J'$  ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı yani  $m$  elemandan oluşmaktadır.

#### **Adım 5:** Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde, Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılarak her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin İdeal ve negatif ideal çözümden sapmaları bulunur. İdeal ayırım ( $S_i^*$ ) ölçüsünün hesaplanması (5.12) formülünde, negatif ideal ayırım ( $S_i^-$ ) ölçüsünün hesaplanması ise (5.13) formülünde gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (5.12)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (5.13)$$

Burada hesaplanacak  $S_i^*$  ve  $S_i^-$  sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

#### **Adım 6:** İdeal Çözümüne Göreli Yakınlığın Hesaplanması

İdeal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanarak her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının ( $C_i^*$ ) hesaplanır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün tamamının ölçüsü içindeki payıdır.  $C_i^*$  yakınlık değerinin hesaplanması eşitlik 5.14 ile verilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (5.14)$$

Burada  $C_i^*$  değeri  $0 \leq C_i^* \leq 1$  aralığında değer alır ve  $C_i^* = 1$  ilgili karar noktasının ideal çözüme,  $C_i^* = 0$  ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

## 6. ANKARA'DA ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE GÜZERGÂH SEÇİMİ

Ankara ve İstanbul dünya başkentlerini takip eden, yaptığı proje ve çalışmalar ile onlarla yarışan ve hatta öncülük etme potansiyeline sahip şehirlerimizdir. Ankara yaptığı çalışmalar ile daha yaşanabilir bir şehir ile halkın yaşam kalitesini arttırmayı planlamakta ve bu yolda ilerlemektedir. 20 daire başkanlığı ile hizmet veren Ankara Büyük Şehir belediyesi, artan nüfusun beraberinde getirdiği problemlerin başında olan trafik sorununa da çözüm getirme noktasında çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda yapılan ve halen devam etmekte olan proje ve çalışmaları mevcuttur. Sağlık, çevre, fen işleri, kültür, turizm, gibi alanlarda çeşitli projelere sahiptir.

Kentsel ulaşımda toplu taşımayı destekleyen Ankara, kurulu olan raylı sistem ağını genişletmektedir. Kentin genişleme potansiyeli doğrultusunda ağı genişleten ve devam eden 3 farklı metro hattı bulunmakta olup ileriye dönük olarak monoray raylı sistemlerini düşünmektedirler. Kentleşen alanlarda yol genişletilmesine müsaade edilmeyen ve edilemeyen alanlarda özellikle kent merkezleri ve işlek caddelerde monoray yapılması düşünülmektedir. Yapılan ön fizibilite raporunda 8 farklı güzergâh belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen 8 güzergâhın sıralaması/seçimi, 3 farklı yöntem ve 5 farklı değerlendirme ile yapılmıştır.

Kentin yerleşik alanlarında giderek kronikleşen sorunların, kentte planlama anlamında çözüm bulunması gereken en önemli husus olduğu tespitinden hareketle, trafik sorunun önüne geçme ve kentsel ulaşım planlamasında yeni bir ulaşım türü olan monoray teknolojisini kullanmak istemektedirler.

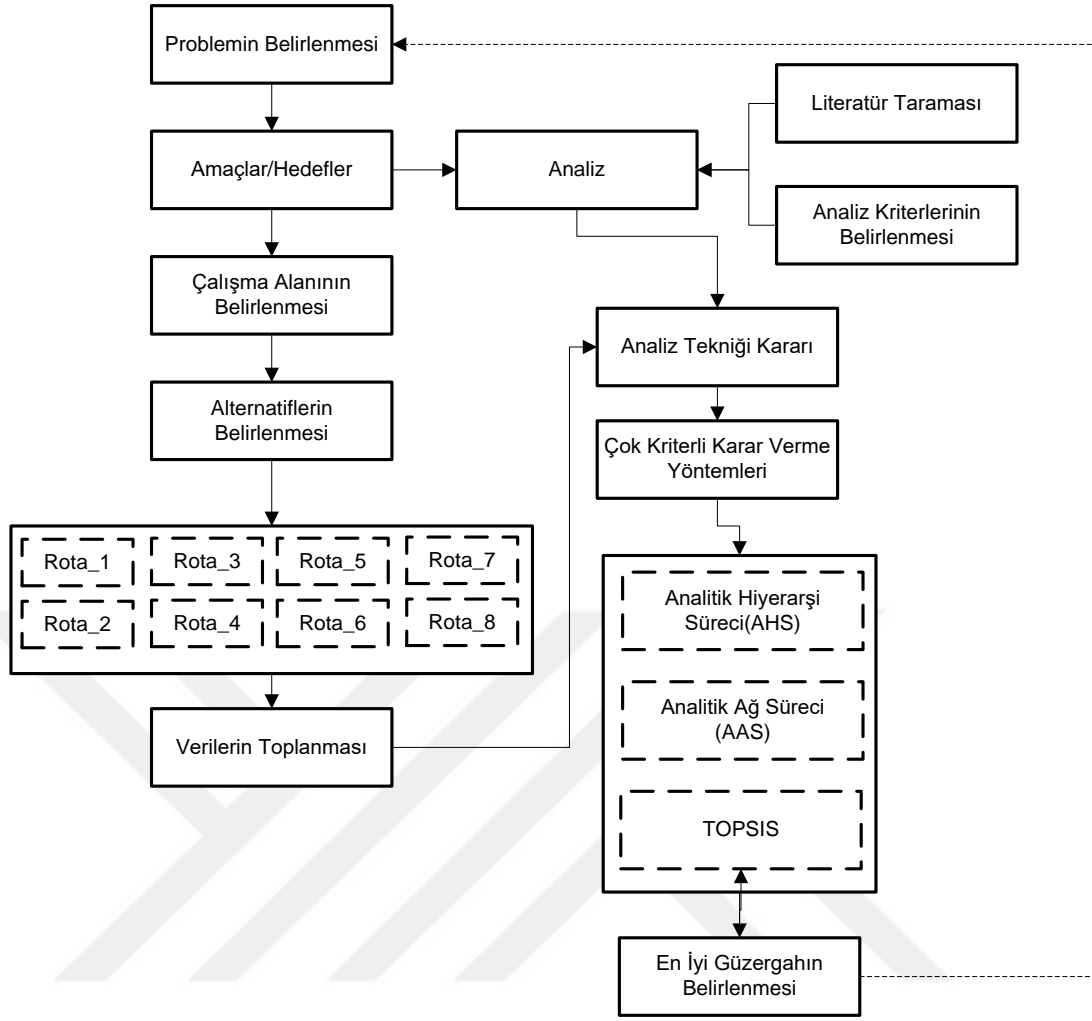
Kentiçi toplu taşımada trafik yoğunluğu ve yolculuk takeplerindeki gelişmeler dikkate alınarak öncelikle otobüs, metrobüs ve benzeri sistemler ile bu sistemlerin yetersiz kaldığı alanlarda daha fazla yolcu taşıma kapasitesine sahip raylı sistemlerin yapılması ulaşım planlamada uygulanmaktadır. Planlanan veya düşünülen raylı sistem projeleri; diğer ulaşım türlerine entegre olabilecek şekilde şehir merkezine, alışveriş

merkezlerine, önemli lojistik merkezlerine, iş ve kamu alanlarına ve kentsel kritik ve önemli noktalar dikkate alınarak planlanmaktadır.

Ankara Büyükşehir Belediyesi, monoray raylı sistemleri ile trafik sorunun önüne geçmeyi planlamaktadır. Ana ulaşım planı, stratejik kalkınma planları ve ana imar planı gibi çalışmalarla hedeflerine ulaşmayı, kentsel anlamda sürekli gelişmeyi sağlamaya çalışmaktadır.

### **6.1. Araştırma Metodolojisi**

Çalışmada ilk olarak problem tanımlanmıştır. Uzman görüşü ve literatürdeki çalışmalar değerlendirilerek kriterler belirlenmiştir. Çözüm yöntemleri olarak sırası ile AHS, AAS, TOPSIS, AHS-TOPSIS ve AAS-TOPSIS yöntemleri kullanılarak çözüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Uygulamanın akış şeması Şekil 6.1’ de verilmiştir.



**Şekil 6. 1.** Araştırma Metodolojisi

Güzergâh belirleme problemlerinde birçok yöntem kullanılmış ve ağırlıklı olarak coğrafi bilgi sistemi ve farklı anabilim dallarında en az yol kat edecek güzergâhların belirlenmesi üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada da güzergâh belirlemeye etki eden birçok faktörün olması ve bu faktörler arasında ilişkilerin olması yöntem olarak çok kriterli karar verme yöntemlerine yönlendirmiştir. Bu yöntemlerden yaygın kullanıma sahip olan AHS, AAS ve TOPSIS yöntemleri çalışmamızın uygulama tekniğini oluşturmuştur.

## 6.2. Ankara Büyükşehir Belediyesi

Ankara yedi milyona yaklaşan nüfusu ile Türkiye'nin başkenti ve 2. büyük şehridir. Ülkenin merkez konumunda bulunan şehir ulaşımında transit nokta olarak doğu-batı, kuzey- güney doğrultusunu birbirine bağlamaktadır. Aynı zamanda yoğun göç alan başkent şehri kentsel yoğunluğun olduğu bir şehirdir. Artan nüfusun yanında, göç alması da bu yoğunluğu arttırmakta ve trafiğe çıkan özel araç sayısının da arttırmaktadır.



Şekil 6. 2. Haritada Ankara'nın Gösterilmesi

Misyonunu, “Ankara Büyükşehir Belediyesi olmanın bilinci ve sorumluluğunda; sosyal, kültürel, ekonomik yönden şehirleşmenin; Zihinsel, fiziksel, psiko-sosyal açıdan yurttaşların yetişmesine katkı sağlayacak ve yaşam kalitesini yükseltecek tüm hizmetleri sunmak.” olarak ve vizyonunu “Dünya belediyelerine katkı sağlayacak ve yaşam kalitesini yükseltecek tüm hizmetleri sunmak.” olarak (Ankara Büyükşehir Belediyesi stratejik planı 2015-2019) belirleyen belediye bu kapsamda yaşam kalitesini arttırmak ve modern şehir görünümü ile kentsel ulaşımdaki son teknoloji olan monoray teknolojisini hayata geçirerek dünya şehirleri ile olan rekabetini arttıracaktır.



Ülkemizde ilk örneğini teşkil edecek bu uygulama diğer şehirlerimiz içinde lokomotif görevi üstlenecektir.

Kentsel ulaşımda raylı sistemleri teşvik ederek kentsel ulaşımı rahatlatmaya çalışan belediye mevcut kurulu işletmelerin yanı sıra birçok devam eden raylı sistem projeleri bulunmaktadır. İşletmede olan mevcut raylı sistemler ile kablolu sistem ve hat özellikleri Çizelge 6.1’de gösterilmektedir.(Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü 2016 Bütçe Yılı Performans Programı). Yapımı devam eden raylı sistem hatları ise; Ankara Metrosu-4 (M4-Tandoğan-Keçiören) ve Aşti-Söğütözü (A1-Ek) hatlarıdır. Bu hatların tamamlanması ile Ankara 68,446 km raylı sistem ağına sahip olacaktır. ( <http://www.ego.gov.tr/tr/sayfa/1075/rayli-sistem>). Monoray raylı sistemi ile kentsel alanda raylı sistem ağı çeşitlenecek ve kentsel ulaşımda toplu ulaşımı daha da özendirerek ve trafikte iyileşme sağlanamsı ile trafikte geçirilen sürenin azaltılması sağlanmış olacaktır.

**Çizelge 6. 1.** Ankara'da işletmede olan raylı sistemler

İşletme	Araç Sayısı(Adet)			Hat Uzunluğu(m)			İstasyon sayısı			Depolama Alanı(m2)	Sefer Sayısı(Tur)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		M1	M2	M3
Metro	195			14.661	16.590	15.360	12	11	11	245.000	103.021		
Ankaray	33			8.527			11				93.333	45.317	
Teleferik	108			3.257			4			---	7.197		

\*Sefer sayısı 2015 Eylül ayı sonu verileri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Bunlarla birlikte, kent bütünü ve makro formundan kopuk ve büyük ulaşım dalgaları üreten alışveriş merkezleri ve noktasal büyük projelerin de kentsel ulaşım sorunlarının artmasında etkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle, ulaşım sorunlarının çözümünde kentte üretilecek planlama çalışmalarının bu gerekliliklerin farkında olması gerekliliği kadar, kent içi ulaşım etüt ve uygulamalarının da kentsel sorunların çözümü bağlamında ele alınması zorunlu görülmektedir.(2023 Başkent Ankara Nazım İmar Planı)

Ankara’da kentsel ulaşım metro, banliyö hattı, teleferik, özel halk otobüsleri, ego otobüsleri, ticari taksi ve özel araçlarla sağlanmaktadır. Kentsel hareketliliğin fazla olması memur sayısının artışıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Özellikler iş giriş ve çıkış saatlerinde trafik yoğunluğu had safhaya gelmektedir. Çalışanların trafikte geçirdikleri sürenin artması şehirde alternatif ve hızlı ulaşım araçlarına yönlendirmektedir. Mevcut kurulu yeraltı treni hatları özellikle iş giriş ve çıkış saatleri arasında aşırı bir yoğunluğa ev sahipliği yapmaktadır. Aynı zamanda metro hatlarının belirli güzergâh boyunca işletiliyor olması zaman zaman kullanıcılar için aktarma yapmaya sebebiyet vermektedir. Kentte kurulumunu daha kolay olan ve kısa mesafelerde dahi maliyet etkinliği ile inşası mümkün olan monoray, trafikte geçirilen süreyi azaltma ve güvenli seyahat için gündeme gelmekte ve planlara dâhil edilmektedir. Bu konuda Ankara belediyesi çalışmalar yapmakta, genişleyen şehir için metro yerine monoray sistemlerine meyil olmaktadır.

Monoray sistemi hem %15 eğimli hatta çalışabilmesi, hem de istenilen yükseklikteki kolonlar üzerinden gidebilmesi sebebiyle Ankara’da her bölgeye uygulanabilecek bir sistemdir.

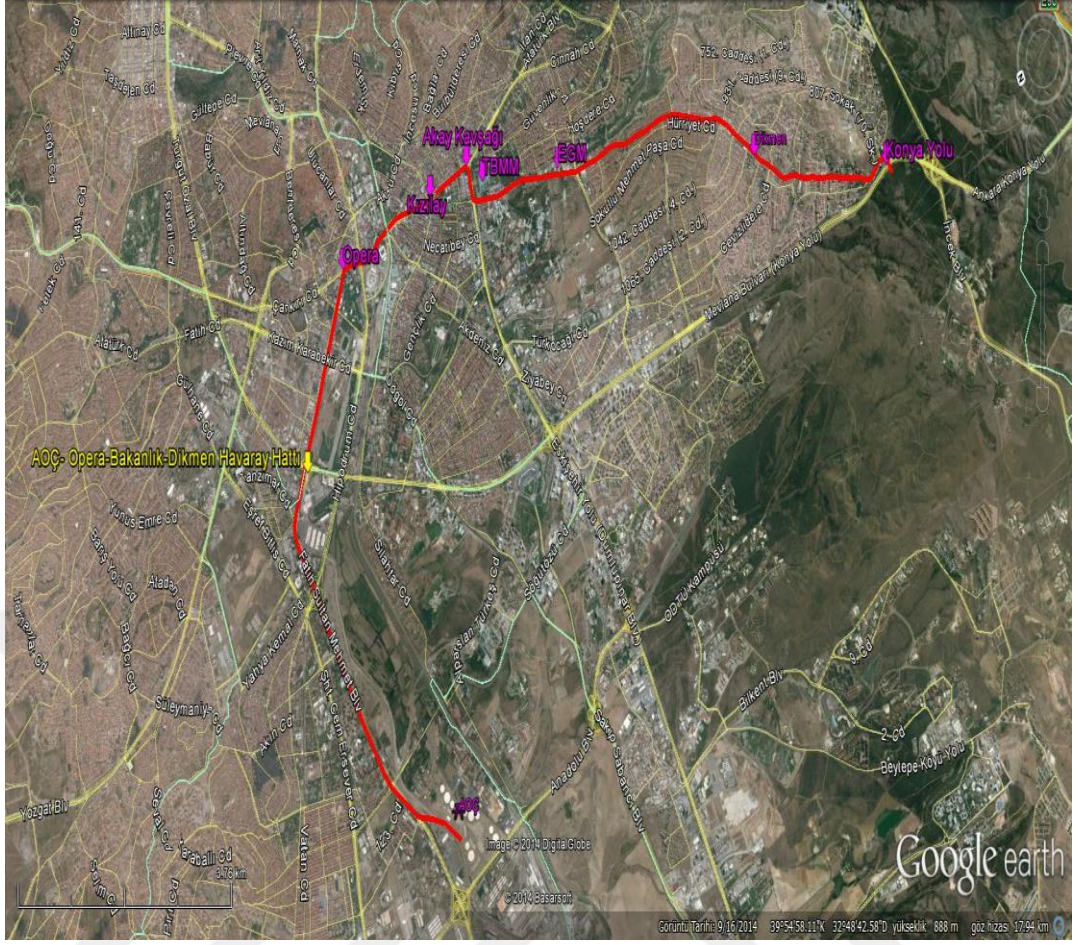
### **6.3. Alternatif Güzergâhlar**

Ankara Büyükşehir Belediyesi’nin yapmış olduğu ön fizibilite çalışmasına göre 8 alternatif rota belirlenmiştir. Belirlenen bu 8 rotaaya ait hat özellikleri Çizelge 6.2’de gösterilmektedir. ( Ankara Büyükşehir Belediyesi Monoray Değerlendirme Raporu)

**Çizelge 6. 2.** Alternatif rotalar ve hat özellikleri

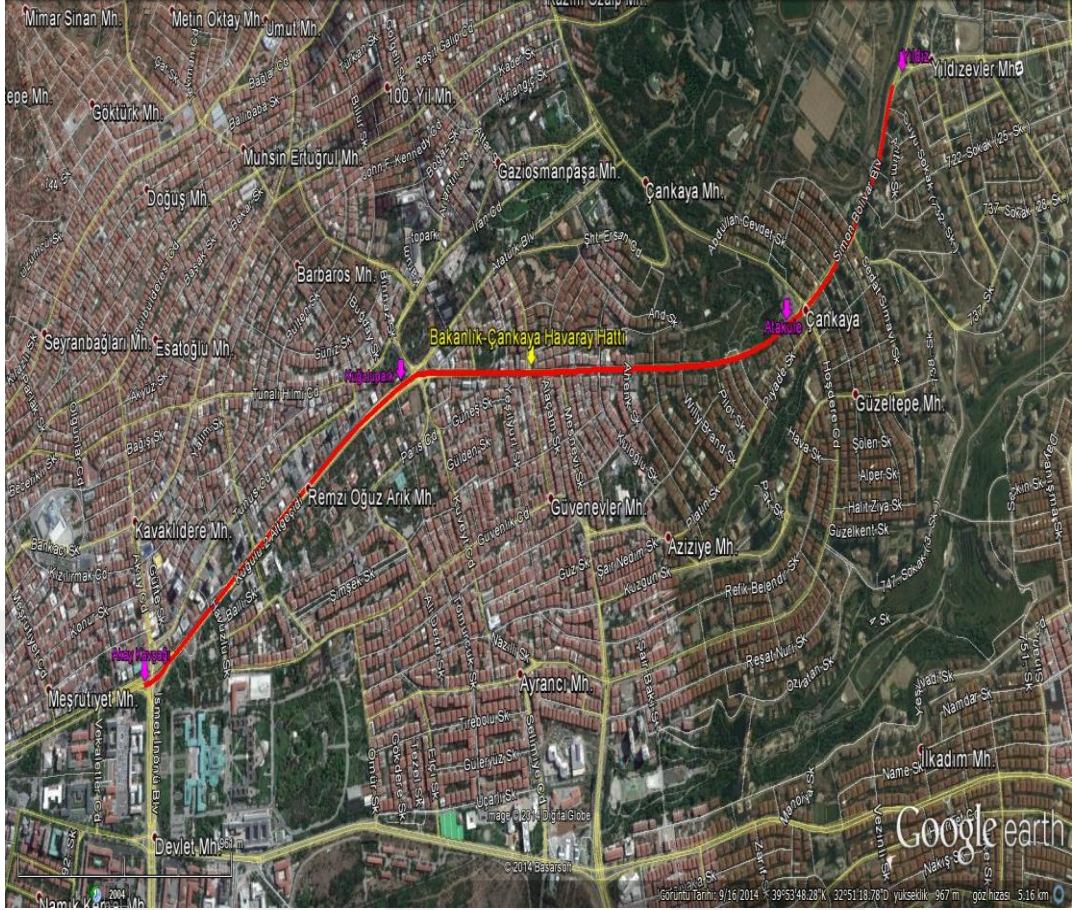
Rota	Monoray Hattı	Uzunluk (m)	İstasyon Sayısı	Dizideki Araç sayısı	Dizi Sayısı	Toplam Araç Sayısı	Yaklaşık Toplam Maliyeti(\$)
R1	AOÇ-Dikmen	19.168	18	4	36	144	709.216.000
R2	Bakanlık-Yıldız	4.069	4	4	8	32	150.553.000
R3	Kızılay-Oran (1)	11.426	10	4	22	88	422.762.000
R4	Kızılay-Oran(2)	11.596	10	4	22	88	429.052.000
R5	Opera-Doğantepe	7.763	7	4	15	60	287.231.000
R6	Ulus-Yükseltepe	8.076	8	4	15	60	298.812.000
R7	Ulus-Seyranbağları	5.020	5	4	10	40	185.740.000
R8	Ulus-Natoyolu	11.140	11	4	20	80	412.180.000

**AOÇ-Opera-Bakanlık Dikmen (R1):** Bu hat AOÇ, Tema parkı İstanbul yolu üzerinden Ulus, Kızılay, Bakanlık ve Dikmen üzerinden Konya yoluna bağlamaktadır. Şekil 6.3'te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 19.168 metre olan bu hat AOÇ (Tema Park), İstanbul yolu, Opera, Kızılay, Bakanlık, TBMM, Dikmen Caddesi ve Konya yolunu kapsamaktadır.



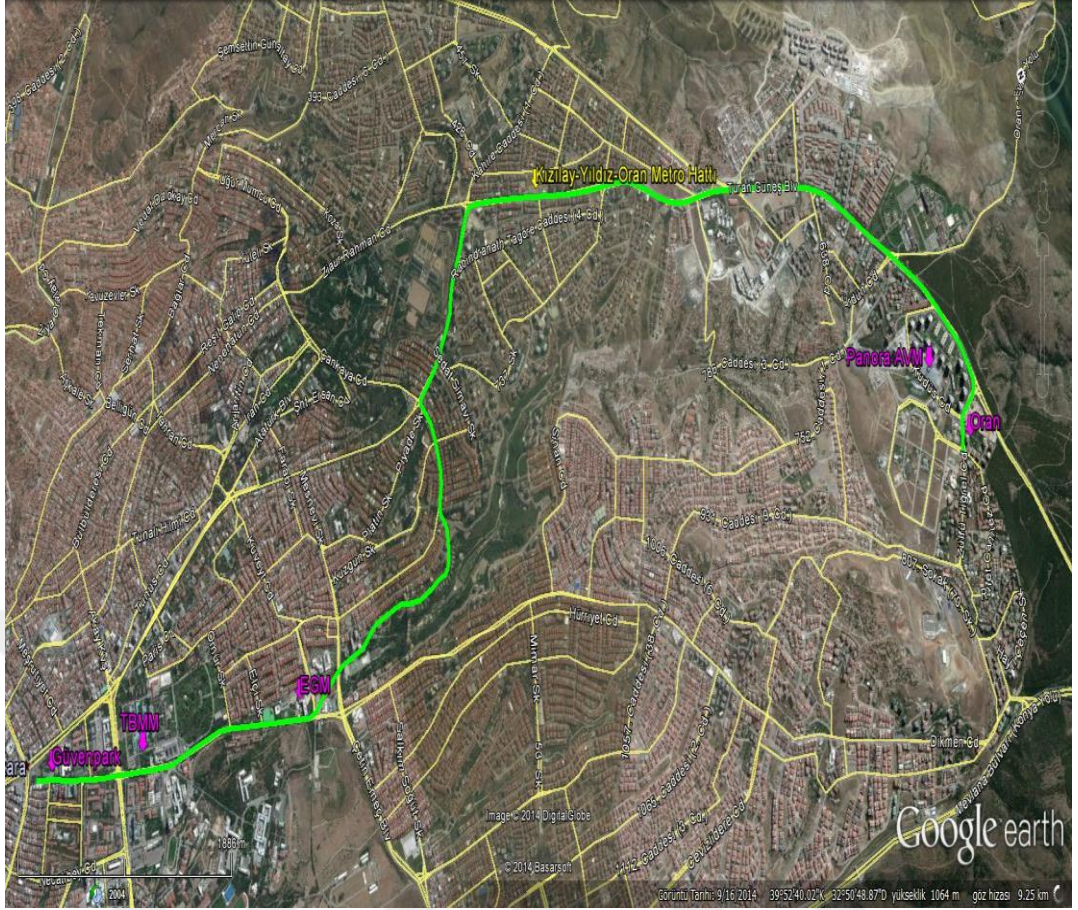
**Şekil 6.3.** AOC-Opera-Bakanlık Dikmen

**Bakanlık -Çankaya-Yıldız (R2) :** Bu hat Bakanlık Akay kavşağından eğimi yüksek olan Çankaya Yıldız bölgesine bağlamaktadır. Şekil 6.4'te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 4.069 metre olan bu hat Akay Kavşağı, Kuğulupark, Atakule, Yıldız güzergâhını süpürmektedir.



**Şekil 6. 4.** Bakanlık -Çankaya-Yıldız

**Kızılay-Yıldız-Oran (R3):** Bu hat Kızılay Güven parktan başlayarak Dikmen Vadisi, Atakule den Oran'a uzanmaktadır. Böylece eğimi yüksek olan Kızılay Çankaya arasında monorayla toplu taşıma sağlanabilecektir. Şekil 6.5'te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 11.426 metre olan bu hat Güvenpark, TBMM, EGM, Dikmen Vadisi, Hoşdere Caddesi, Atakule, Simon Bolivar Caddesi, Turan Güneş Bulvarı, Panora AVM ve Oran güzergâhını kapsamaktadır.



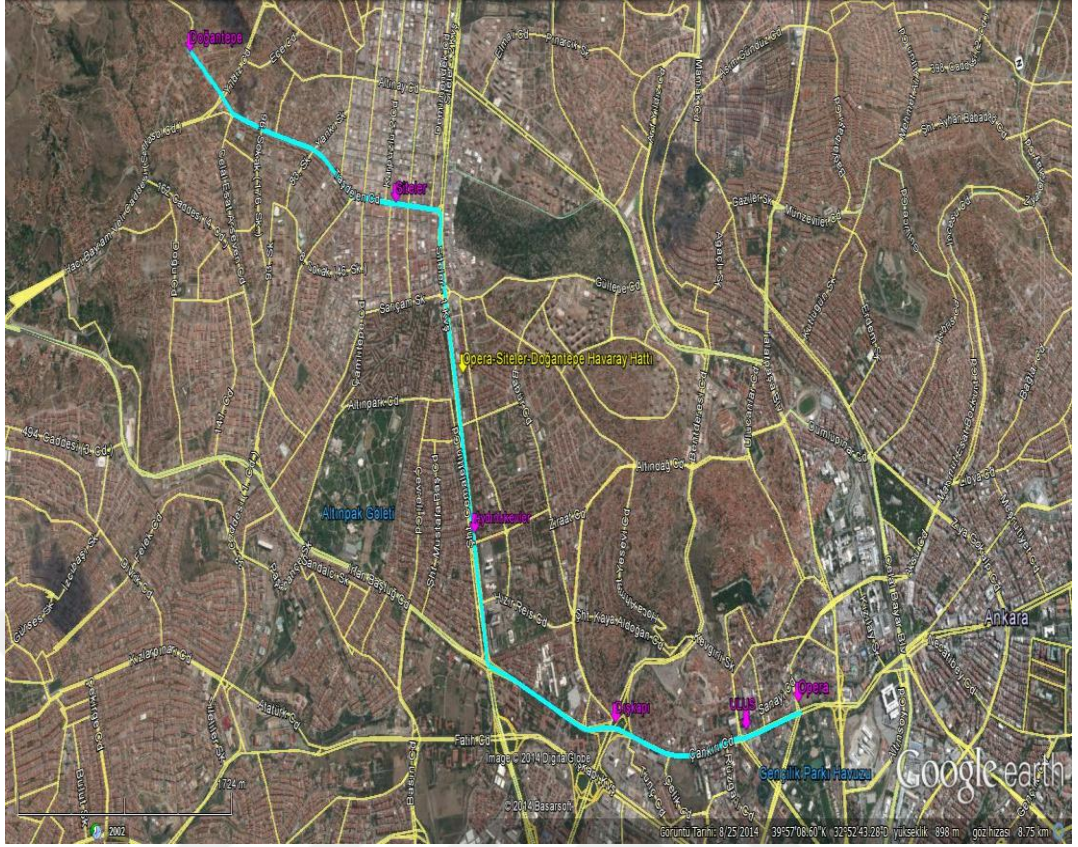
**Şekil 6. 5. Kızılay-Yıldız-Oran**

**Kızılay-Yukarı Ayrancı-Çankaya-Yıldız-Oran (R4):** Bu hat Kızılay Güven parktan başlayarak Dikmen Vadisi, Atakule den Orana uzanan farklı bir alternatiftir. Böylece eğimi yüksek olan Kızılay Çankaya arasında monorayla toplu taşıma sağlanabilecektir. Şekil 6.6’te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 11.596 metre uzunluğunda güzergâha sahip olan bu hat Güvenpark, TBMM, EGM, Selimiye Caddesi, Dikmen Vadisi, Hoşdere Caddesi, Atakule, Simon Bolivar Caddesi, Turan Güneş Bulvarı, Panora AVM ve Oran’ı kapsamaktadır.



Şekil 6. 6. Kızılay-Yukarı Ayrancı-Çankaya-Yıldız-Oran

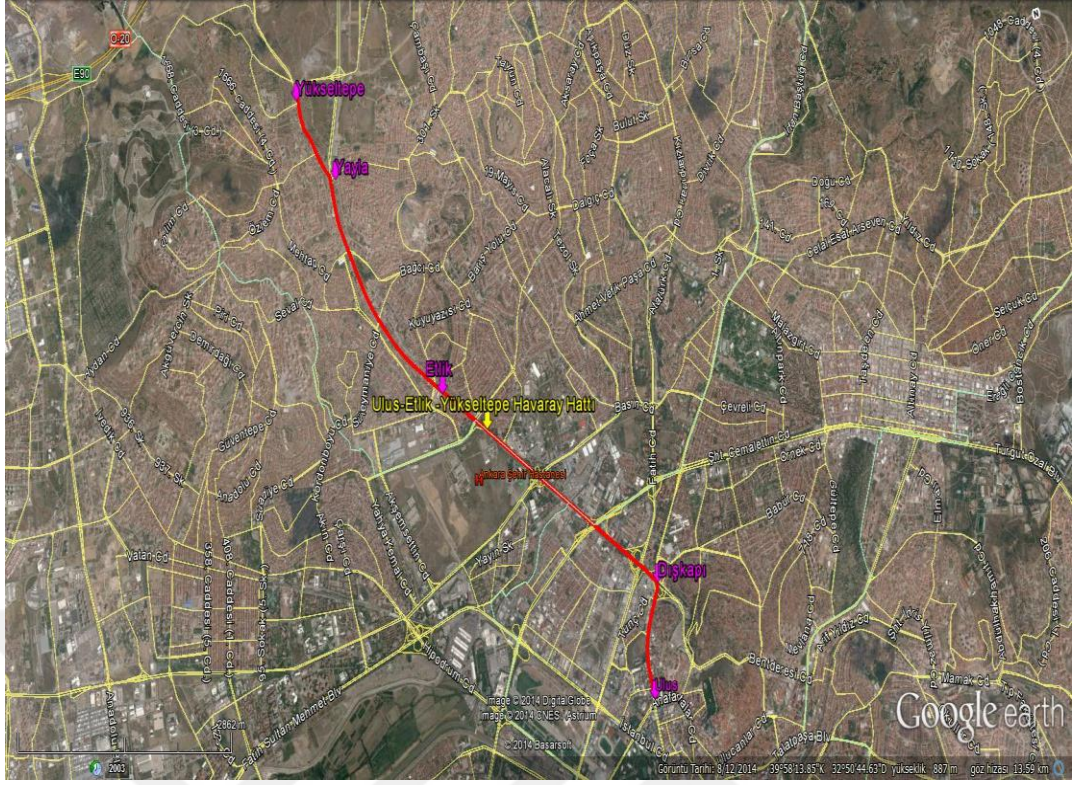
**Opera-Siteler-Doğantepe (R5):** Bu hat Doğantepe, Siteler ve Aydınlık evler bölgesini Ulusa bağlamaktadır. Şekil 6.7’te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 7.763 metre uzunluğa sahip bu hat Opera, Ulus, Çankırı Caddesi, İrfan Baştuğ Caddesi, Turgut Özal Bulvarı (Samsun Yolu),Aydınlıkevler, Siteler ve Doğantepe bölgelerini kapsamaktadır.



**Şekil 6. 7.** Opera-Siteler-Doğantepe

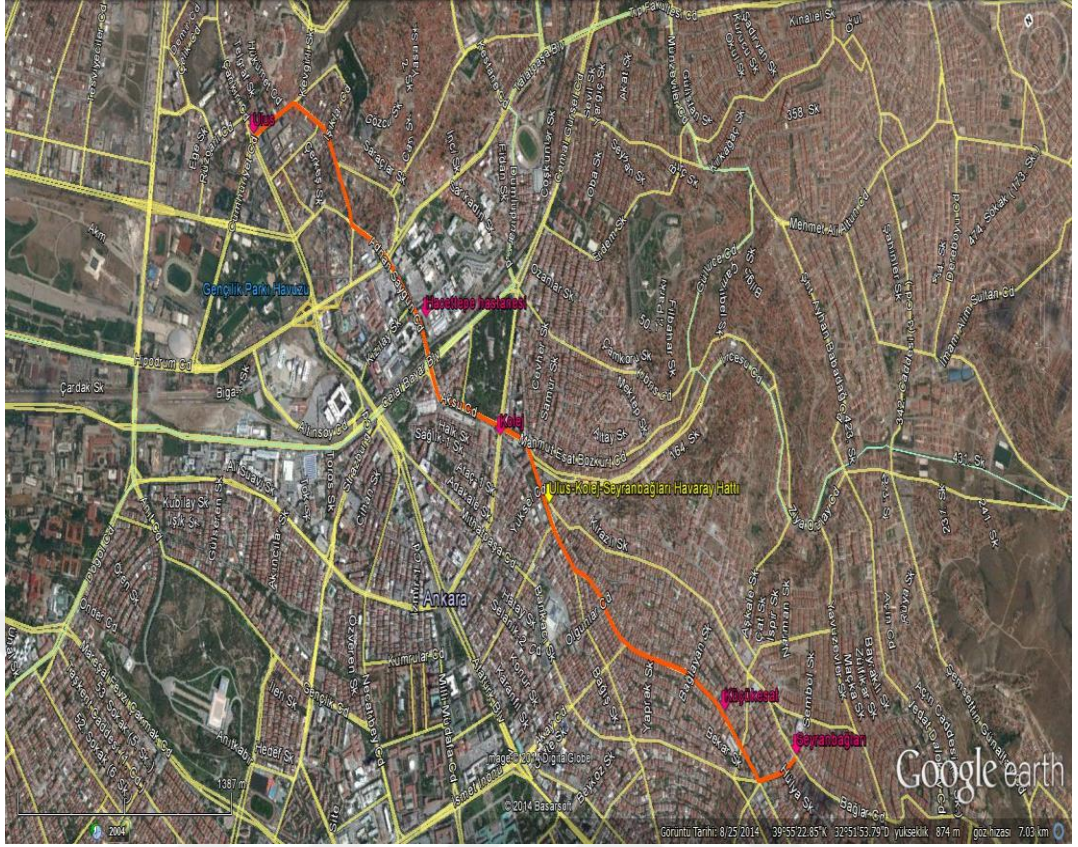
**Ulus-Etlik-Yükseltepe (R6):** Bu hat, Yükseltepe gibi rakımı yüksek olan bir bölgeyi Etlik, Şehir Hastaneleri yanından Ulusa bağlamaktadır. Şekil 6.8’te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 8.076 metra uzunluğa sahip bu hat Ulus’tan başlayarak Çankırı Caddesi, Dışkapı, Etlik Caddesi, Şehir hastaneleri Bölgesi, Etlik ve Yükseltepe bölgelerini kapsamaktadır.





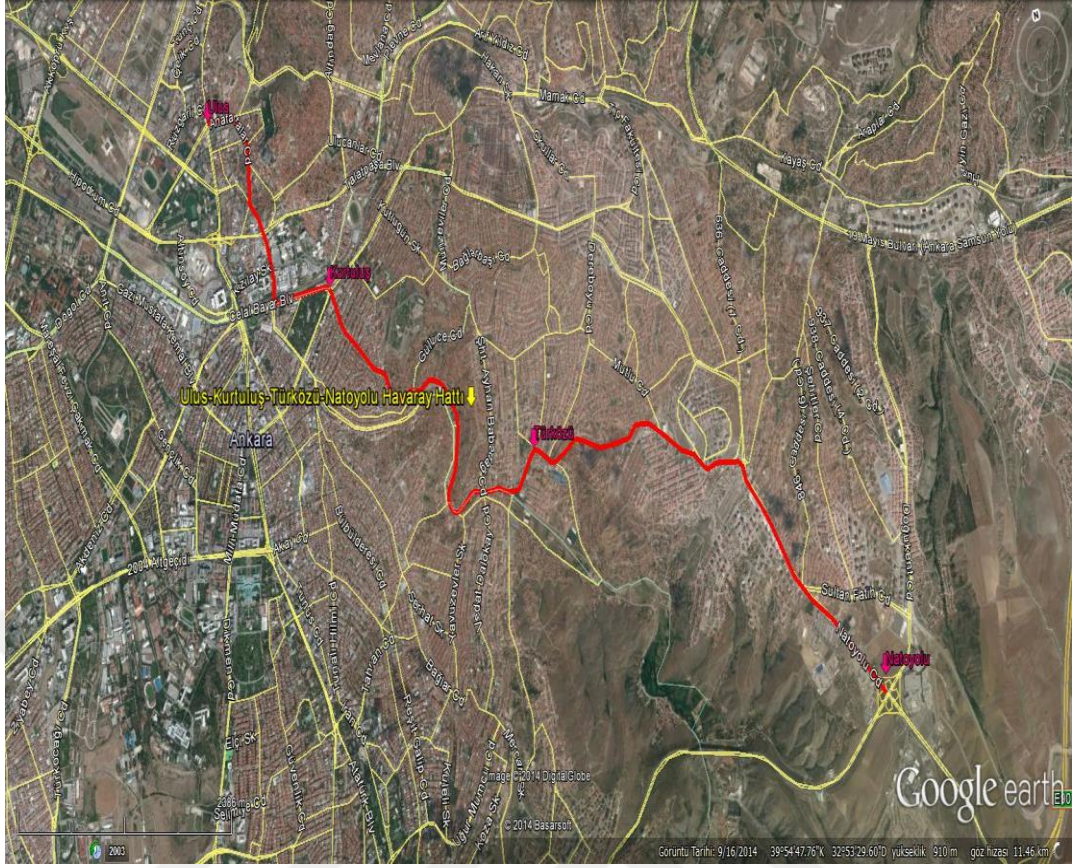
**Şekil 6.8.** Ulus-Etilik-Yükseltepe

**Ulus-Kolej-Seyranbağları (R7):** Bu hat; seyranbağları, Küçükesat, Hacettepe hastanesi yanından Ulusa bağlamaktadır. Şekil 6.9'te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 5.020 metre gzergha sahip bu hat gene Ulus'tan başlayarak Anafartalar Caddesi, Denizciler Caddesi, Hacettepe Hastanesi, Kolej, Libya Caddesi, Bülbülderesi Caddesi, Küçükesat ve Seyran Bağları'nı kapsamaktadır.



**Şekil 6.9.** Ulus-Kolej-Seyranbağları

**Ulus-Kurtuluş-Türközü-Natoyolu(R8):** Bu hat Natoyolu ve Türközü bölgesini Kurtuluş ve Hacettepe Hastanesi yanından Ulus'a bağlamaktadır. Şekil 6.10'te ilgili hat harita üzerinde gösterilmektedir. 11.140 metre olan bu hat ise Ulustan başlayarak Anafartalar Caddesi, Denizciler Caddesi, Hacettepe Hastanesi, Celal Bayar Bulvarı, Kurtuluş, Kıbrıs Caddesi ve Türközü güzergâhını izleyerek Natoyolu'nda son bulmaktadır.



Şekil 6. 10. Ulus-Kurtuluş-Türközü-Natoyolu

#### 6.4. Güzergâh Seçimi İçin Belirlenen Kriterler

Güzergâh planlaması için uzman görüşleri ve yapılan literatür çalışması doğrultusunda belirlediğimiz kriterler: ekonomiklik, çevresel etki, sosyal etki ve mühendislik ana kriterleri ve bu kriterlerin altında 15 alt kriter olmak üzere ayrılmaktadır. Ulaştırma projeleri seçiminde ana kriter olarak, ekonomiklik, güvenlik, çevre, mühendislik, sosyal ve güvenilirlik gibi ana başlıklar altında incelenmektedir.

Belirlenen kriterler, ekonomiklik kriteri altında inşa maliyeti ve kamulaştırma mühendislik kriteri altında ulaşım entegrasyon, erişilebilirlik, genişletilebilirlik ve iyileştirilebilirlik, trafik hacmi, toplam seyahat zamanı ve talepleri karşılama düzeyi; sosyal etki kriteri altında estetik ve görsel etki, iş ve eğitim bağlantısını sağlama,

kamusal hareketlilik, alışveriş ve yerleşim alanlarına erişim, nüfus yoğunluğu; çevresel etki kriteri altında ise arazi yapısı ve hassas bölgeler yer almaktadır.

**İnşa maliyeti (K1):** Kurulacak olan monoray kentsel ulaşım sisteminin güzergâhın uzunluğu, kullanılan teknoloji, monorayın çeşidi, hattın inşa maliyeti, işletme ve bakım maliyetleri gibi hattın büyüklüğüne göre değişmektedir. Monoray raylı sistem maliyeti; ön fizibilite çalışmaları, zorunlu hallerde kamulaştırma veya irtifak bedelleri, hat yapım bedeli, elektronik, mekanik ve sinyalizasyon bedeli, hat üzerinde çalışacak araç bedeli, depolama ve bakımın yapılacağı atölye alanları, işletmede görev alacak personel vb. gibi maliyetlerden oluşmaktadır. Bu tür büyük yatırım kapsamında olan raylı sistemler dünya genelinde hükümetler tarafından yapılır, işletmesi belediyelere veya özel sektöre verilir. Toplu taşıma için kullanılan monoraylar kamu hizmeti için yapıldığından devlet tarafından sübvansede edilir.

**Kamulaştırma (K2):** Monoray raylı toplu taşıma sistemleri genelde şehir içinde uygun konumdaki cadde ve sokakların uygun bölümlerinde ve ağırlıklı olarak yerden yükseltilmiş hatlar olarak inşa edilirler. Bu durumda kamulaştırma söz konusu değildir. Ancak çarpık kentleşme ve düzenli olmayan cadde ve sokaklara sahip olan bazı şehirlerde monoray yapılmasının gerekliliği halinde, cadde ve sokakların dışına çıkan hatlar için kamulaştırma zorunlu olmaktadır. Kamulaştırma genelde istenmeyen bir durumdur. Çünkü hukuki bazı sorunlar nedeniyle yapım süresini geciktirdiği gibi, kamulaştırma bedeli nedeniyle Monoray yapım maliyetini de arttırmaktadır. Ancak, güzergâhın belirlenmesi diğer raylı sistem hatlarına göre biraz daha esnektir. Çok zorunlu hallerde iş merkezleri ve konut alanlarının içinden geçirilebilmekte, aynı durumdaki mekânlara istasyon kurulabilmektedir.

**Arazi yapısı (K3):** Şehir içi toplu taşıma sistemlerinde arazi yapısı, tercih edilecek sistemde belirleyicidir. Düz veya düze yakın arazi yapısına sahip olan kent merkezlerinde raylı sistemlerin yer altına alınması en uygun çözümdür. Ancak, arazi yapısı nedeniyle yol eğimlerinin %4'ü geçtiği, yol virajlarının (Kurp) 300mt yarıçaptan düşük olduğu yerlerde metro sistemlerinin uygulanması zor görünmektedir. İşte bu durumlarda Monoray tercih edilmektedir. Monoray sistemleri % 10 eğimlerde ve 300mt yarıçaplı yollardan daha düşük hatlarda rahatlıkla uygulanabilmektedir.

Tüm toplu taşıma sistemlerinde olduğu gibi Monoray sistemlerinin inşasında da o bölgede olabilecek en büyük deprem değerine göre projelendirilmektedir.

**Hassas bölgeler (K4):** Monoray toplu taşıma sisteminin şehir içi ulaşımında kullanılması, çevresel açıdan en çok gürültü, titreşim ve görsel bozukluğu ile olumsuz etki yaratmaktadır. Kullanıldığı enerji açısından çevreye olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Olumsuz etkilerinden gürültü ve titreşim konusu geliştirilen son teknoloji ve yönetmeliklere uygun olarak yapıldığında sorun kalmamaktadır. Şehrin mimari yapısına ters düşmeyecek bir estetikle projelendirildiğinde de görsel açıdan çekici hale gelmektedir.

**Alışveriş ve yerleşim alanlarına erişim (K5):** Alışveriş merkezlerinin kentlerin dışında kalması bu alanlara ulaşımı zorlaştırmaktadır. Raylı sistem, toplu taşıma ve otoyol güzergâhlarına göre yerleşim yapılmış olsa da ulaşımında güçlükler yaşanmaktadır. Seçilecek monoray güzergâhında kriter olarak eklenen bu faktör Ankara'da alışveriş merkezlerinin çok sayıda olması nedeniyle seçilebilecek güzergâh ile kent trafiğini rahatlatma amaçlanmaktadır.

**İş ve eğitim bağlantısını sağlama (K6):** Ankara, başkent olması nedeniyle kamu kurumlarının ağırlıklı olarak bulunduğu, memur sayısının fazla olduğu ve eğitim alanında da köklü üniversitelerin yanında yeni kurulan üniversitelerle birlikte öğrenci nüfusunun da giderek arttığı bir şehrimizdir. Seçilebilecek alternatifler arasından sanayi kuruluşları ve eğitim kurumu alanları değerlendirilerek trafik problemleri azaltılarak trafikte iyileşmeyi sağlayacak güzergâhların seçilmesi önemlidir.

**Estetik ve görsel etki (K7):** Kent içi toplu taşıma sistemleri inşa edilmeden önce, kentin, tarihi ve mimari dokusu incelenir. Toplu taşıma hattının geçeceği güzergâhta konut alanları, okullar, hastaneler veya hassas bölgelerin konumuna göre sistemler tercih edilir. Bu sistemler metro hatları gibi genellikle yer altında inşa edildiği gibi, arazi yapısının eğimlerin çok olması nedeniyle yer altı inşaat uygun olmayan yerlerde Monoray sistemleri iyi bir alternatiftir. Seçilecek monoray sistemlerinde; estetik hatlar, şehrin dokusuna uygun mimaride istasyonların inşası mümkündür. Monoray

toplu taşıma sistemleri hava hattında inşa edildiği için, kentin cadde ve sokaklarında giderken yolculara önemli merkezleri, tarihi yerleri ve güzel mekânları da izleme imkânı sunmaktadır.

**Erişilebilirlik (K8):** Yolcular seyahatlerinde öncelikle en yakında, en rahat, en ucuz ve en kısa sürede ulaşımı sağlayacak toplu taşımayı kullanmayı tercih edecektir. Ayrıca Monorayın trafiğin yoğun olduğu cadde ve sokaklarda rahatlıkla inşa edilebilmesi de tercih sebebidir.

**Nüfus yoğunluğu (K9):** kentin nüfus artışının öngörülmesi, bu amaçla yapılaşmaya açılacak yerlerin, iş merkezlerinin ve kamu binalarının mevkilerinin belirlenmesi, belediyelerin görevleri arasında yer almaktadır. Ankara Büyükşehir Belediyesinin de belirtilen amaçlar çerçevesinde Ana Ulaşım Planı hazırlamaktadır. Bu plan dâhilinde nüfus artış oranının belirlenmesi, yerleşim bölgelerinin bu artış kapsamında toplu taşıma ihtiyacı, bölgenin yapısı itibariyle hangi toplu taşıma aracının uygun olacağı kararlarını vermektedir.

Nüfus yoğunluğu beraberinde kentsel genişlemeyişi ve özel araç sayısının artmasıyla trafik sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bu noktada nüfus yoğun olduğu alanlar monoray kurulumu için ideal yerlerdir. Ancak monoray kurulum kararı için tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda nüfus artış hızının bölgeler bazında ele alınarak kurulacak ulaşım sisteminin geleceği açısından değerlendirilmelidir.

**Kamusal hareketlilik (K10):** Ankara şehir içinde bulunan, hastaneler, kamu binaları, bakanlık binaları, üniversiteler, AVM ve benzeri yapılar gün geçtikçe şehir merkezi dışına kaydırılmaktadır. Bu yapıların şehir dışına kaydırılması insanların rahatlıkla, en kısa sürede ve en ekonomik şekilde ulaşmalarının sağlanması için uygun taşıma sisteminin geliştirilmesi ihtiyacına neden olmaktadır. Bu amaçları karşılayabilecek en uygun çözüm monoray sistemleridir.

**Genişletilebilme ve iyileştirilebilme (K11):** Şehirler artan nüfus ile mevcut sınırlarını aşmakta dışa doğru genişlemekte, yeni toplu konut alanları açılmakta ve sürekli yayılmaktadır. Bu bağlamda kurulacak olan ulaşım sisteminin kentin genişleme

potansiyeli doğrultusunda kurulması, sonradan oluşabilecek talepleri karşılamak için ikinci bir monoray hattı ile entegre edilebilmesi veya yeni bir istasyon ile hattın genişletilebilme imkânı sunması sürdürülebilirlik ve kentsel ulaşım noktasında önem arz etmektedir.

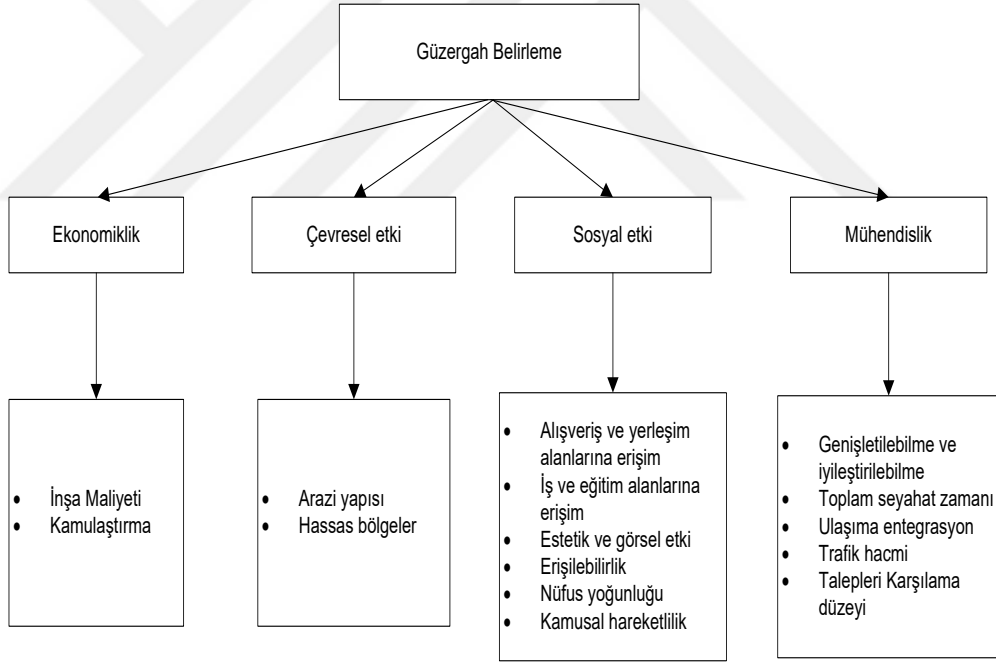
**Toplam seyahat zamanı (K12):** Şehir içi seyahatlerde yolcular gidecekleri yere konforlu, kolay ve en kısa sürede ulaşmak istemektedirler. Bu nedenle, trafikte geçirilen zaman, ulaşım maliyeti ve diğer etkenlerden daha önemli hale gelmiştir. Bu aşamada, trafiğin yoğunluğu, yaz-kış olumsuz hava şartları, araçların dolulukları trafikte geçen sürenin artmasına zaman ve iş kaybına neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları gidermek için günümüzde en çok tercih edilen sistemlerden biri de Monoray (Havaray) toplu taşıma sistemleridir.

**Ulaşım entegrasyonu (K13):** Kurulacak olan sistemin trafikte iyileştirme sağlaması gerekmektedir. Aksi takdirde yeni sistem trafiği daha da hantallaştıracak daha çekilmez hale getirerek, trafiğe yeni bir ek sorun ekleyecektir. Kentimizdeki ulaşım, lastik tekerlekli toplu ulaşım araçları, banliyö, teleferik ve metro gibi sistemler ile sağlanmaktadır. Kurulacak sistem tüm şehrin ulaşım talebini karşılamayacağı ve bunun kurulu sistemler varken olmasının da düşünülmemeyeceği açıktır. Monoray sistemin toplu taşımanın ihtiyaç olduğu ve bunu sağlıklı bir şekilde sağlayacak, trafikte geçen süreyi azaltacak sistem olarak görülmektedir. Bu yüzden monoray sistemi kentin mevcut ulaşım ağına alternatif değil ulaşım ağına entegre olabilecek sistem olarak değerlendirilmelidir. Ancak bu şekilde trafiği rahatlatarak yatırım olması sağlanabilir. Kurulduğu güzergâhta özel araç kullanımını azaltarak toplu taşımaya çekici hale getirmesi amaçlanmalıdır.

**Trafik hacmi (K14):** Ankara'nın kent merkezinde tüm araç ve insan trafiği ele alınarak, trafiğe çıkan özel araç ve toplu taşıma araçlarının sayısı, gün içerisindeki yoğunluk dağılımı ve yönü incelenmelidir. Yapılan incelemelere göre trafiğin kilitlenme noktasına geldiği yolcu yoğunluklu bölgelere raylı sistem ve monoray türü toplu taşıma sistemleri yapılması önerilmektedir. Bu bölgelere monoray inşa edilerek aynı hat üzerinde, dolmuş, otobüs benzeri araçların kullanım yoğunluğunun azaltılması ile trafikte iyileşme sağlanması amaçlanmaktadır.

**Talepleri karşılama düzeyi (K15):** Yolcuların ulaşım talepleri farklılık göstermektedir. Bazı yolcular ulaşmak isteği yere tek vasıta ile gitmek isterken, bazıları en kısa sürede ulaşmayı, bazıları özel aracını tercih ederek kalabalıktan kaçarken bazıları araç kullanmayı bilmediği ya da sevmediği için toplu taşımayı tercih etmektedir. Bazı yolcular için maliyet önemli iken bazıları için güvenlik daha önemlidir. Bu kadar çeşitlenen talepler karşısında uygun ulaşım seçeneğine karar vermek zordur. Fakat monoray sistemi ile uygun güzergâh seçimi daha çok talebe cevap verebilecek özelliğe sahiptir.

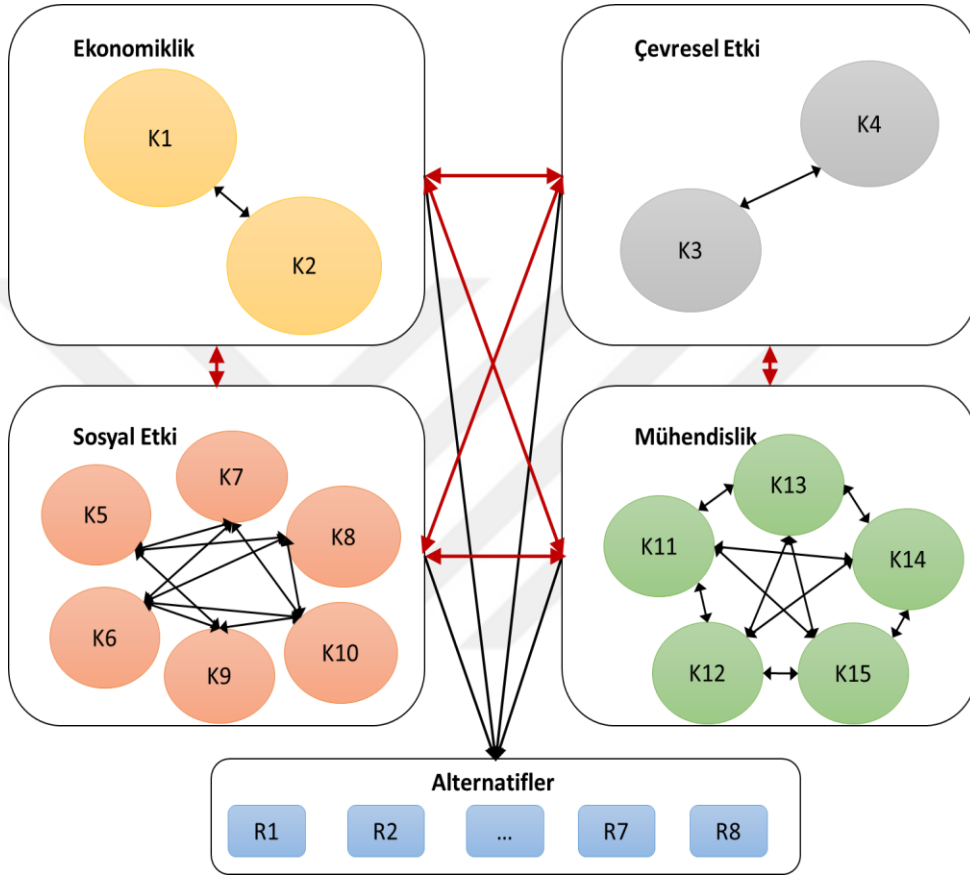
Güzergâh belirlemede değerlendirilmeye alınan kriterler ekonomiklik, çevresel etki, sosyal etki ve mühendislik olmak üzere 4 ana başlıkta toplanmış olup Şekil 6.11’de gösterilmektedir.



**Şekil 6. 11.** Güzergâh Belirleme İçin Kriter ve Alt Kriterler



Çok ölçütlü karar verme sürecinde alternatif ve kriterler arasındaki bağımlılık ve ilişkiler önem arz etmektedir. Şekil 6.12’de alternatif ve kriterler arasındaki ilişki bağları gösterilmektedir.



Şekil 6. 12. Alternatif ve kriterler arasındaki ilişkiler

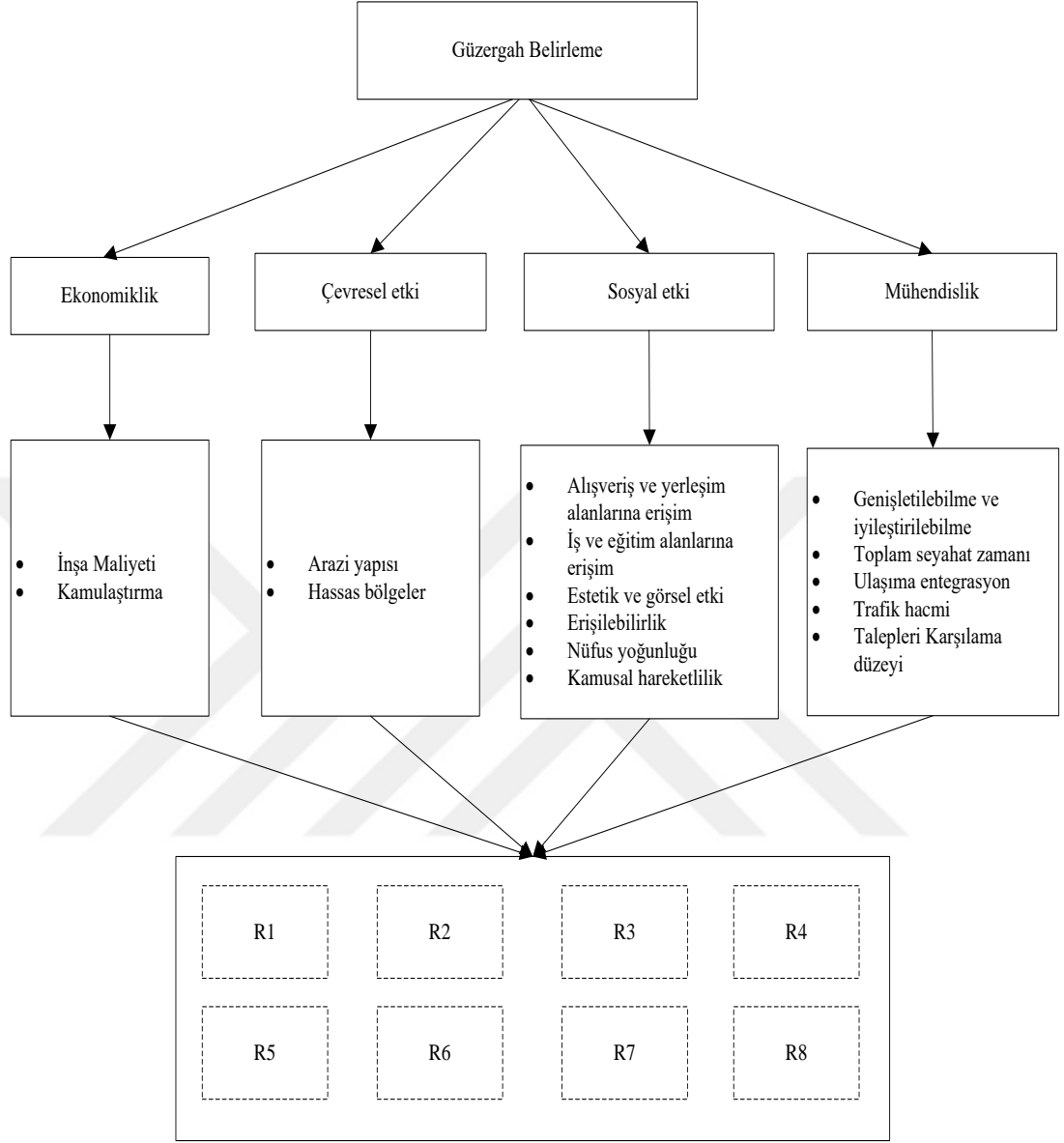
Buna göre, örnek verilecek olursa; inşa maliyeti, kamulaştırma ile ilişkilidir. Çünkü kamulaştırmaya gerek duyulacak güzergahlarda inşa maliyeti artacaktır. Aynı zamanda çevresel etki başlığı altındaki hassas bölgeler kriteride inşa maliyetini arttıracaktır. Çünkü güzergah boyunca karşılaşılabilecek tarihi kalıntı vb. ile karşılaşıldığında ya güzergahta değişiklik yapılacak ya da ek önlemler alınarak ek bir maliyet ortaya çıkacaktır. Sosyal etki başlığı altında estetik ve görsel etki kriteride inşa maliyeti ile ilişkilidir. Çünkü görselliği fazla önem verip daha estetik yapılar ve

istasyonlar yine inşaa maliyetini arttıracaktır. Mühendislik kriteri altında toplam seyahat zamanı, ulaşım entegrasyon, trafik hacmi, talepleri karşılama, genişletilebilme ve iyileştirilebilme gibi alt kriterlerin değerlendirilmesinde verilebilecek kararlarda inşaa maliyeti ile ilişkilidir. Şekilde gösterildiği gibi diğer kriter arasında da buna benzer ilişkiler mevcuttur.

### **6.5. AHS Çözümü**

Çok ölçütlü karar verme tekniklerinden yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Hiyerarşi yapı, Şekil 6.1'de görüldüğü gibi; Ekonomiklik: K1-K2; Çevresel etki: K3-K4; Sosyal etki: K4- K5- K6- K7- K8- K9 ve mühendislik: K10- K11- K12- K13- K14- K15 olmak üzere 4 ana kriter ve 15 alt kriter doğrultusunda Şekil 6.12'de gösterilmiştir.

Kriterler ve alternatiflerin oluşturulması ile başlayan problem belirleme aşamasıdır. Güzergâh belirleme olan problemimizde model hiyerarşisi Şekil 6.13'de gösterilmektedir.



**Şekil 6. 13.** Güzergâh Belirleme İçin Karar Hiyerarşisi

Bu aşmada ana kriterler ve alt kriterler ikili karşılaştırmaya göre değerlendirilmektedir. Karşılaştırma için Çizelge 5.1’de verilen önem skalası kullanılmaktadır. Bu süreçte ana kriterler kendi aralarında daha sonra her kriter kendi içinde ve alternatifler her kriter doğrultusunda değerlendirilmektedir. Çizelge 6.3’de ana kriterlerin ikili

karşılaştırılması gösterilmektedir. İkili karşılaştırmalarda Çizelge 5.1'deki önem skalası kullanılmaktadır.

Karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıyla elde edilen matristen özvektör ve ağırlık değerleri elde edilmektedir. Çizelge 6.4'de ana kriterlerin özvektör ve ağırlık değerleri gösterilmektedir. Normalleştirme işleminde formül (5.2), özvektör hesabında formül (5.3) ve ağırlık bulmak için formül (5.4) kullanılmaktadır.

**Çizelge 6. 3.** Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	<b>Ekonomi</b>	<b>Çevre</b>	<b>Sosyal</b>	<b>Mühendislik</b>
<b>Ekonomi</b>	1,000	0,333	0,200	0,333
<b>Çevre</b>	3,000	1,000	0,333	3,000
<b>Sosyal</b>	5,000	3,000	1,000	3,000
<b>Mühendislik</b>	3,000	0,333	0,333	1,000

**Çizelge 6. 4.** Ana Kriterlerin Normalleştirilmesi Ve Kriter Ağırlıkları

	<b>Ekonomi</b>	<b>Çevre</b>	<b>Sosyal</b>	<b>Mühendislik</b>	<b>Özvektör</b>	<b>Ağırlık</b>
<b>Ekonomi</b>	0,083	0,071	0,107	0,045	0,077	0,317
<b>Çevre</b>	0,250	0,214	0,178	0,409	0,263	1,137
<b>Sosyal</b>	0,417	0,643	0,536	0,409	0,501	2,151
<b>Mühendislik</b>	0,250	0,071	0,178	0,136	0,159	0,643

Her alternatif, kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırmaya tabi tutulmaktadır. Çizelge 6.5'de K1(İnşa maliyeti)'e göre alternatif 8 rota karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma işlemi her kriter için devam etmektedir. Çizelge 6.6'da her kriterin alternatif rota üzerindeki ağırlıkları gösterilmektedir. İkili karşılaştırmalar ile model harmanlanmakta ve bütün içindeki ağırlıkları belirlenmektedir. Her kriterin modele ne

oranda etki ettiği sonucunu elde edebildiğimiz bu yöntemde alternatif rotaların ağırlıkları ölçüsünde sıralama yapılmaktadır.

kili karşılaştırmalar sırası ile önce ana kriterler kendi arasında ve sonra her ana kriter altında bulunan alt kriterler arasında yapılmalarıdır. Çizelge 6.5'te sosyal etki ana kriteri altında bulunan kriterlerin ikili karşılaştırılması gösterilmektedir.

**Çizelge 6. 5.** Sosyal Etki Ana Kriteri Altındaki Kriterlerin kili Karşılaştırılması

	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>	<b>K10</b>	<b>zvektr</b>	<b>Ağırlık</b>
<b>K5</b>	0,079	0,042	0,115	0,285	0,094	0,036	0,109	0,644
<b>K6</b>	0,237	0,127	0,192	0,285	0,157	0,036	0,172	1,100
<b>K7</b>	0,026	0,025	0,038	0,032	0,052	0,022	0,033	0,212
<b>K8</b>	0,026	0,042	0,115	0,095	0,157	0,036	0,079	0,473
<b>K9</b>	0,395	0,381	0,346	0,285	0,472	0,761	0,440	3,204
<b>K10</b>	0,237	0,381	0,192	0,019	0,067	0,109	0,168	1,253

Her kriter ve alt kriterler için yapılan bu karşılaştırmalar sonucunda izelge 6.6'daki ağırlıklar elde edilir. Elde edilen her kriter bulunan kendi alt kriterlerinin ağırlıkları ile çarpılarak herbir kriterin modeldeki önem ağırlığı bulunur.

**Çizelge 6. 6.** Kriterlerin Sonuç Ağırlıkları

Ana kriter	Ağırlık(a)	Alt Kriter	Ağırlık(b)	Kriter Ağırlıkları(a*b)
<b>Ekonomiklik</b>	0,077	<b>K1</b>	0,900	<b>0,069</b>
		<b>K2</b>	0,100	<b>0,008</b>
<b>Çevresel Etki</b>	0,263	<b>K3</b>	0,250	<b>0,066</b>
		<b>K4</b>	0,750	<b>0,197</b>
<b>Sosyal Etki</b>	0,501	<b>K5</b>	0,109	<b>0,054</b>
		<b>K6</b>	0,172	<b>0,086</b>
		<b>K7</b>	0,033	<b>0,016</b>
		<b>K8</b>	0,079	<b>0,039</b>
		<b>K9</b>	0,440	<b>0,220</b>
		<b>K10</b>	0,168	<b>0,084</b>
<b>Mühendislik</b>	0,159	<b>K11</b>	0,190	<b>0,030</b>
		<b>K12</b>	0,062	<b>0,010</b>
		<b>K13</b>	0,503	<b>0,080</b>
		<b>K14</b>	0,142	<b>0,023</b>
		<b>K15</b>	0,319	<b>0,051</b>

İkili karşılaştırma işlemleri alternatifler için de gerçekleştirilir. Çizelge 6.7’de alternatifler arası ikili karşılaştırma matrisi gösterilmektedir.

**Çizelge 6. 7.** Alternatifler arası ikili karşılaştırma: standart matris

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>R6</b>	<b>R7</b>	<b>R8</b>
<b>R1</b>	1	3	3	5	3	3	7	7
<b>R2</b>	0,333	1	3	3	5	5	7	3
<b>R3</b>	0,333	0,333	1	3	3	3	5	3
<b>R4</b>	0,2	0,333	0,333	1	2	3	3	3
<b>R5</b>	0,333	0,2	0,333	0,5	1	2	3	5
<b>R6</b>	0,333	0,2	0,333	0,333	0,5	1	2	3
<b>R7</b>	0,143	0,143	0,2	0,333	0,333	0,5	1	3
<b>R8</b>	0,143	0,333	0,333	0,333	0,2	0,333	0,333	1
<b>Toplam</b>	<b>2,819</b>	<b>5,543</b>	<b>8,533</b>	<b>13,500</b>	<b>15,033</b>	<b>17,833</b>	<b>28,333</b>	<b>28</b>

Her alternatif herbir kriter üzerinden ayrı ayrı değerlendirir. İkili karşılaştırmalar ile yapılan bu değerlendirme sonuçlarında buluna matrisler normalleştirilerek özvektörler hesaplanır. Her alternatif için yapılan bu işlemler sonucunda Çizelge 6.8 elde edilir.

**Çizelge 6. 8 - Her bir Kriterin Alternatifler Üzerindeki Ağırlığı**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>R1</b>	0,310	0,284	0,310	0,284	0,265	0,284	0,265	0,265	0,326	0,256	0,326	0,341	0,326	0,341	0,341
<b>R2</b>	0,230	0,183	0,230	0,183	0,198	0,183	0,198	0,259	0,237	0,269	0,237	0,209	0,237	0,209	0,209
<b>R3</b>	0,146	0,155	0,146	0,155	0,150	0,155	0,150	0,153	0,137	0,134	0,137	0,129	0,137	0,129	0,129
<b>R4</b>	0,095	0,092	0,095	0,092	0,149	0,092	0,149	0,188	0,111	0,212	0,111	0,109	0,111	0,109	0,109
<b>R5</b>	0,087	0,075	0,087	0,075	0,100	0,075	0,100	0,135	0,084	0,132	0,084	0,092	0,084	0,092	0,092
<b>R6</b>	0,061	0,069	0,061	0,069	0,059	0,069	0,059	0,078	0,061	0,069	0,061	0,056	0,061	0,056	0,056
<b>R7</b>	0,040	0,044	0,040	0,044	0,043	0,044	0,043	0,037	0,045	0,046	0,045	0,047	0,045	0,047	0,047
<b>R8</b>	0,032	0,042	0,032	0,042	0,025	0,042	0,025	0,038	0,027	0,039	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027

Alternatiflerin sonuç değerleri Çizelge 6.8 ile Çizelge 6.6'daki kriter ağırlıklarının matris çarpımı ile bulunur.

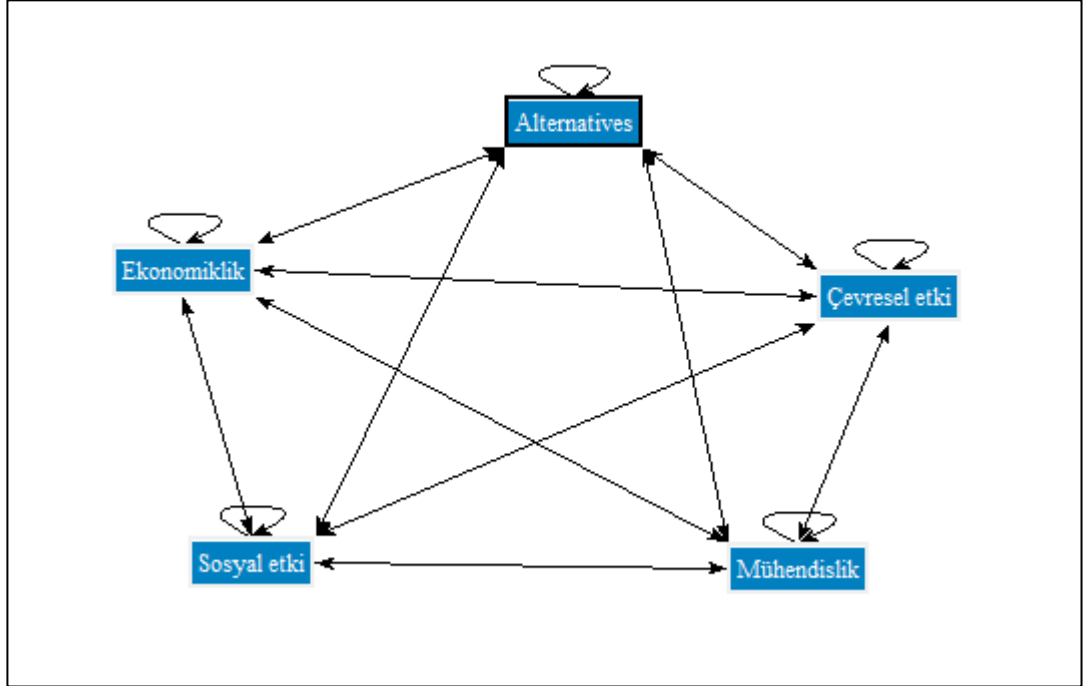
**Çizelge 6. 9. AHS Sonucunda Bulunan Alternatif Rota Ağırlıkları Ve Sıralama**

Rota	Önem Ağırlığı	Oran%	Sıralama
R1	0,017	8,7	5
R2	0,045	23,0	2
R3	0,019	9,5	4
R4	0,029	14,6	3
R5	0,061	31,0	1
R6	0,012	6,1	6
R7	0,008	4,0	7
R8	0,006	3,2	8

Problemin AHS çözümünde sıralama R5, R2, R4, R3, R1, R6, R7 ve R8 şeklinde olmaktadır. Çizelge 6.9'da alternatiflerin önem ağırlıkları ve sıralama gösterilmektedir.

## 6.6. AAS Çözümü

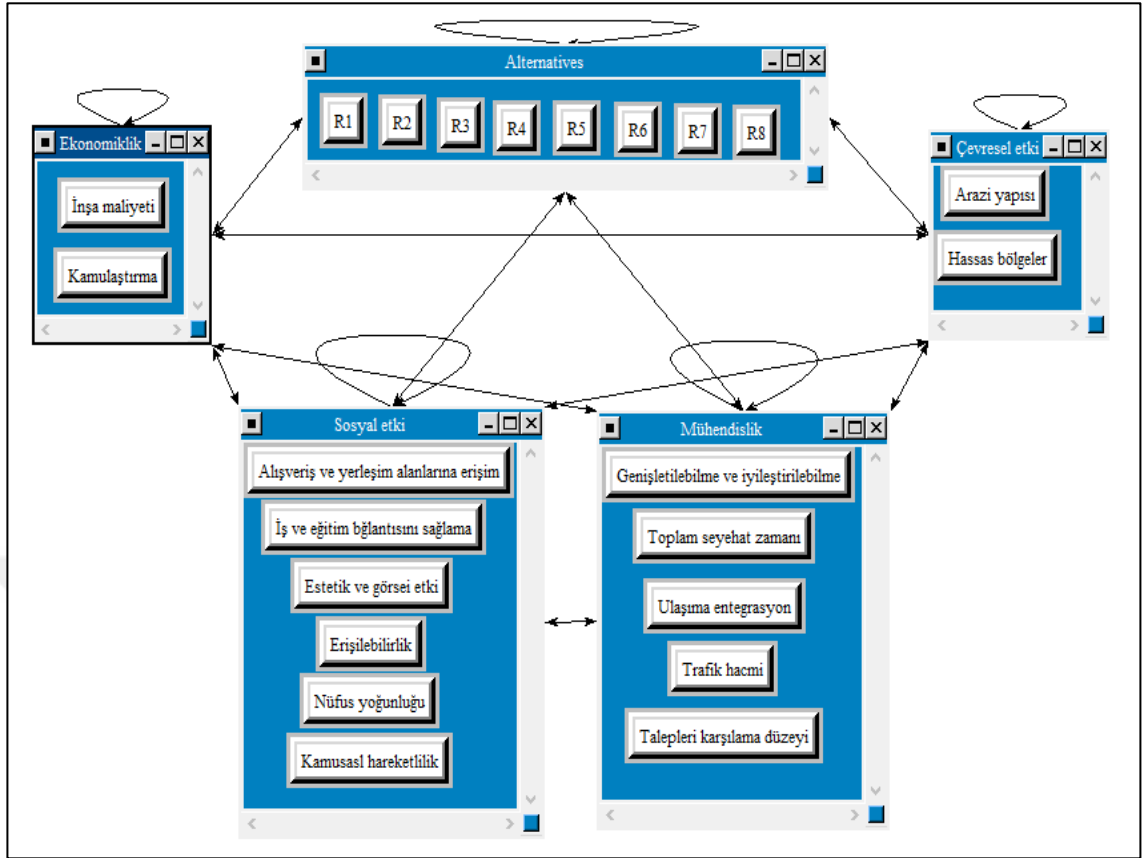
AAS çözümünde AHS'den farklı olarak hiyerarşi yapısı yoktur. Ağ yapısı ve karşılıklı ilişkiler Şekil 6.13'de gösterilmiştir. Aynı zamanda 'Super Decision' programı kullanılmıştır. Programdaki modeli Şekil 6.14'de verilmektedir.



Şekil 6.13. AAS' de Kriterlerin İlişkileri

Program üzerinde alternatif ve kriterler arasındaki ilişki ağ modeli ile kuruldu ve birbirleri arasındaki ikili karşılaştırmalar yapıldı. Şekil 6.14'te AAS' de kriter ve alternatifler arasındaki ilişki gösterilmektedir. AAS bu yönü ile AHP'den ayrılmaktadır.





**Şekil 6. 14.** AAS Kriterleri İlişkilerinin Programda Gösterilmesi

Yapılan tüm ilişkiler Şekil 6.15'deki gibi karar verici tarafından girilerek model içindeki ağırlıkları bulunmuştur. Şekil 6.15'te mühendislik kriteri altında "genişletilebilir ve iyileştirilebilir" alt kriteri ve "talepleri karşılama düzeyi" alt kriterleri ikili karşılaştırmaları gösterilmektedir.

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda kriterlerin önem ağırlıkları Şekil 6.16'da gösterilmektedir. Bu na göre %15 önem oranı ile hassas bölgeler %12 ile arazi yapısı, %11 ile nüfus yoğunluğu, %9 ile genişletilebilir ve iyileştirilebilir, %7 ile ulaşım entegrasyonu şeklinde önem ağırlıkları bulunmuştur.

1. Choose		2. Node comparisons with respect to R2										3. Results												
Node Cluster		Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct						Normal	Hybrid											
Choose Node	R2	Comparisons wrt "R2" node in "Mühendislik" cluster										Inconsistency: 0.09841												
Cluster: Alternatives		Genişletilebilme ve iyileştirilebilme is moderately more important than Talepleri karşılama düz.										Genişletile~	0.40216											
Choose Cluster	Mühendislik	1. Genişletilebilim~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Talepleri karşı~	Talepleri~	0.29269
Restore		2. Genişletilebilim~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Toplam seyahat ~	Toplam se~	0.07789
		3. Genişletilebilim~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Trafik hacmi	Trafik ha~	0.04727
		4. Genişletilebilim~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ulaşım entegra~	Ulaşım e~	0.17998
		5. Talepleri karşı~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Toplam seyahat ~		
		6. Talepleri karşı~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Trafik hacmi		
		7. Talepleri karşı~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ulaşım entegra~		
		8. Toplam seyahat ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Trafik hacmi		
		9. Toplam seyahat ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ulaşım entegra~		
		10. Trafik hacmi	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ulaşım entegra~		

Şekil 6. 15. Rota 2(R2) İçin Mühendislik Ana Kriteri Altında Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

No Icon	İnşa maliyeti	0.87257	0.066618
No Icon	Kamulaştırma	0.12743	0.009729
No Icon	Genişletilebilme ve iyileştirilebilme	0.35718	0.091358
No Icon	Talepleri karşılama düzeyi	0.23851	0.061005
No Icon	Toplam seyahat zamanı	0.07622	0.019496
No Icon	Trafik hacmi	0.04738	0.012119
No Icon	Ulaşım entegrasyon	0.28070	0.071796
No Icon	Alışveriş ve yerleşim alanlarına erişim	0.06767	0.019504
No Icon	Erişilebilirlik	0.10167	0.029303
No Icon	Estetik ve görseî etki	0.14132	0.040731
No Icon	İş ve eğitim bağlantısını sağlama	0.15870	0.045740
No Icon	Kamusal hareketlilik	0.13497	0.038901
No Icon	Nüfus yoğunluğu	0.39565	0.114030
No Icon	Arazi yapısı	0.45051	0.123439
No Icon	Hassas bölgeler	0.54949	0.150559

Şekil 6. 16. Programda Çözüm Sonucu Kriterlerin Ağırlıkları

AAS, “Super Decision” programında çözülen problemin çözüm sonuçları Çizelge 6.10’da gösterilmektedir. Sonuç ağırlıkları sonucunda sıralama R1, R2, R4, R3, R5, R6, R7, ve R8 şeklinde olmuştur.

**Çizelge 6. 10.** AAS İle Çözüm Sonucu: Güzergâh Seçim Ağırlıkları

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	R1	0.0179	0.1696	1.0000	1
	R2	0.0150	0.1417	0.8354	2
	R3	0.0139	0.1319	0.7779	4
	R4	0.0149	0.1410	0.8313	3
	R5	0.0115	0.1089	0.6425	5
	R6	0.0114	0.1077	0.6352	6
	R7	0.0109	0.1034	0.6099	7
	R8	0.0101	0.0958	0.5652	8

### 6.7.TOPSIS Çözümü

TOPSİS yöntemi çalışma kapsamında Excel tablo ve formülleri yardımıyla uygulanmış ve aşağıdaki tablolarda çözüm adımları sırasıyla verilmiştir. AHP hiyerarşisinde ele alınan yapı bu yöntemle karar matrisi şeklinde uyarlanmıştır. Kriter ve alt kriterlerin önem dereceleri eşit ağırlık olarak alınmıştır. TOPSİS yöntemi kapsamında öncelikle aşağıda yer alan ana kriter tablosu oluşturulmuştur. Bu tablo, kriterlerin her bir alternatif için [1-10] aralığında uzman görüşü doğrultusunda değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Normalize Karar Matrislerinin Oluşturulması: Alternatiflerin ana ve alt kriterlere göre almış oldukları değerlere göre oluşturulan karar matrisi Çizelge 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 6. 11. Kriter Ağırlıkları**

Rota	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>R1</b>	2	7	6	5	9	9	9	10	7	8	10	4	10	6	8
<b>R2</b>	10	10	10	10	7	4	10	3	8	8	7	9	6	8	5
<b>R3</b>	5	9	9	7	9	7	10	8	10	10	9	7	7	8	9
<b>R4</b>	5	9	9	7	9	8	10	8	10	8	8	7	8	8	9
<b>R5</b>	7	8	8	8	6	6	9	7	7	8	8	8	6	7	6
<b>R6</b>	7	8	7	8	8	5	9	7	8	6	7	8	6	8	6
<b>R7</b>	9	10	8	9	3	6	9	4	9	6	7	9	7	9	5
<b>R8</b>	5	8	7	7	4	5	8	9	8	7	7	7	7	7	9

Bu karar matrisinin normalize edilmesi için 5.9'daki formül bütün değerler için uygulanmıştır ve Çizelge 2'de görülen normalize edilmiş karar matrisi hesaplanmıştır.

**Çizelge 6. 12. Normalize Karar Matrisi**

Rota	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>R1</b>	0,106	0,285	0,262	0,228	0,441	0,494	0,343	0,481	0,293	0,366	0,445	0,188	0,489	0,276	0,386
<b>R2</b>	0,529	0,407	0,437	0,456	0,343	0,220	0,381	0,144	0,335	0,366	0,311	0,423	0,293	0,369	0,241
<b>R3</b>	0,264	0,367	0,393	0,319	0,441	0,384	0,381	0,385	0,418	0,458	0,400	0,329	0,342	0,369	0,435
<b>R4</b>	0,264	0,367	0,393	0,319	0,441	0,439	0,381	0,385	0,418	0,366	0,356	0,329	0,391	0,369	0,435
<b>R5</b>	0,370	0,326	0,349	0,365	0,294	0,329	0,343	0,337	0,293	0,366	0,356	0,376	0,293	0,323	0,290
<b>R6</b>	0,370	0,326	0,306	0,365	0,392	0,274	0,343	0,337	0,335	0,275	0,311	0,376	0,293	0,369	0,290
<b>R7</b>	0,476	0,407	0,349	0,410	0,147	0,329	0,343	0,192	0,377	0,275	0,311	0,423	0,342	0,415	0,241
<b>R8</b>	0,264	0,326	0,306	0,319	0,196	0,274	0,305	0,433	0,335	0,321	0,311	0,329	0,342	0,323	0,435

Ağırlıklandırılmış Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması: Bu aşamada normalize karar matrisindeki her bir değer ilgili sütundaki kriterlere ait ağırlıklar ile çarpılarak Çizelge 13'de görülen Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi hesaplanmıştır.

**Çizelge 6. 13.** Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>Ağırlık</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>R1</b>	0,106	0,285	0,262	0,228	0,441	0,494	0,343	0,481	0,293	0,366	0,445	0,188	0,489	0,276	0,386
<b>R2</b>	0,529	0,407	0,437	0,456	0,343	0,220	0,381	0,144	0,335	0,366	0,311	0,423	0,293	0,369	0,241
<b>R3</b>	0,264	0,367	0,393	0,319	0,441	0,384	0,381	0,385	0,418	0,458	0,400	0,329	0,342	0,369	0,435
<b>R4</b>	0,264	0,367	0,393	0,319	0,441	0,439	0,381	0,385	0,418	0,366	0,356	0,329	0,391	0,369	0,435
<b>R5</b>	0,370	0,326	0,349	0,365	0,294	0,329	0,343	0,337	0,293	0,366	0,356	0,376	0,293	0,323	0,290
<b>R6</b>	0,370	0,326	0,306	0,365	0,392	0,274	0,343	0,337	0,335	0,275	0,311	0,376	0,293	0,369	0,290
<b>R7</b>	0,476	0,407	0,349	0,410	0,147	0,329	0,343	0,192	0,377	0,275	0,311	0,423	0,342	0,415	0,241
<b>R8</b>	0,264	0,326	0,306	0,319	0,196	0,274	0,305	0,433	0,335	0,321	0,311	0,329	0,342	0,323	0,435

Bu aşamada kriter ağırlıkları eşit alındığı için değerlerde bir değişme olmamıştır.

İdeal ve Negatif Çözümlerin Belirlenmesi: Bu aşamada Çizelge 6.13'te gösterilen Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisindeki en yüksek ve en düşük değerler işaretlendiği zaman aşağıdaki Çizelge 6.14'e ulaşılmıştır.

**Çizelge 6. 14.** En Yüksek ve En Düşük Değerler

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>R1</b>	0,106	0,285	0,262	0,228	0,441	0,494	0,343	0,481	0,293	0,366	0,445	0,188	0,489	0,276	0,386
<b>R2</b>	0,529	0,407	0,437	0,456	0,343	0,220	0,381	0,144	0,335	0,366	0,311	0,423	0,293	0,369	0,241
<b>R3</b>	0,264	0,367	0,393	0,319	0,441	0,384	0,381	0,385	0,418	0,458	0,400	0,329	0,342	0,369	0,435
<b>R4</b>	0,264	0,367	0,393	0,319	0,441	0,439	0,381	0,385	0,418	0,366	0,356	0,329	0,391	0,369	0,435
<b>R5</b>	0,370	0,326	0,349	0,365	0,294	0,329	0,343	0,337	0,293	0,366	0,356	0,376	0,293	0,323	0,290
<b>R6</b>	0,370	0,326	0,306	0,365	0,392	0,274	0,343	0,337	0,335	0,275	0,311	0,376	0,293	0,369	0,290
<b>R7</b>	0,476	0,407	0,349	0,410	0,147	0,329	0,343	0,192	0,377	0,275	0,311	0,423	0,342	0,415	0,241
<b>R8</b>	0,264	0,326	0,306	0,319	0,196	0,274	0,305	0,433	0,335	0,321	0,311	0,329	0,342	0,323	0,435

(Kırmızı renk: En yüksek; Gri renk: En düşük)

Ayırma Ölçütlerinin Hesaplanması: Dördüncü aşamada her bir alternatife ideal çözümden ve negatif-ideal çözümden ayırım uzaklığı ölçümü yapılmıştır. 5.12'deki formülden pozitif sapma ölçütü (A+) 5.13'teki formülden ise negatif yönde sapma ölçütleri (A-) sırasıyla her alternatif için bulunmuştur. Benzer şekilde bütün adaylar için ayırma ölçüsü hesaplandığında Çizelge 6.15'deki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 6. 15.** Ayırma ölçütleri

<b>Rota</b>	<b>A+</b>	<b>A-</b>
<b>R1</b>	0,615	0,602
<b>R2</b>	0,556	0,628
<b>R3</b>	0,384	0,600
<b>R4</b>	0,376	0,597
<b>R5</b>	0,470	0,469
<b>R6</b>	0,502	0,491
<b>R7</b>	0,568	0,541
<b>R8</b>	0,558	0,437

İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: Bu aşamada ise her bir aday için formül (5.14) kullanılmış ve bütün değerler için Çizelge 6.16 oluşturulmuştur.

**Çizelge 6. 16.** İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

<b>Rota</b>	<b>A+</b>	<b>A-</b>	<b>Ci (S-/(S-+S*))</b>	<b>%</b>
<b>R1</b>	0,615	0,602	0,494	49
<b>R2</b>	0,556	0,628	0,530	53
<b>R3</b>	0,384	0,600	0,609	61
<b>R4</b>	0,376	0,597	0,614	61
<b>R5</b>	0,470	0,469	0,500	50
<b>R6</b>	0,502	0,491	0,495	49
<b>R7</b>	0,568	0,541	0,488	49
<b>R8</b>	0,558	0,437	0,439	44

Tercih Sırasının Düzenlenmesi: Çizelge 6.17'deki değerlere göre en yüksek değerden itibaren sıralama yapılmıştır. Buna göre sıralama Çizelge 8'de gösterilmiştir. Sonuçlara göre sıralama R4, R3, R2, R5, R6, R1, R7 ve R8 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 6. 17.** TOPSIS'e Göre Tercih Sırası

Rota	A+	A-	Ci (S-/ (S+S*))	%	Sıralama
R1	0,615	0,602	0,494	49	6
R2	0,556	0,628	0,530	53	3
R3	0,384	0,600	0,609	61	2
R4	0,376	0,597	0,614	61	1
R5	0,470	0,469	0,500	50	4
R6	0,502	0,491	0,495	49	5
R7	0,568	0,541	0,488	49	7
R8	0,558	0,437	0,439	44	8

### 6.8. AHS-TOPSIS Çözümü

AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılarak karar sonucu pekiştirilmektedir. TOPSIS'de kullanılacak olan kriter ağırlıkları AHS sonucuna göre ağırlıklandırılmaktadır. Çizelge 6.6'da bulunan kriterlerin AHS ağırlığı kullanılarak TOPSIS sürecine dâhil edilmiştir. Çizelge 6.18'de ağırlıklı karar matrisi gösterilmektedir. Bu matris Çizelge 6.11'deki normalize edilmiş matris ile Çizelge 6.6'teki AHS ile bulunan kriterlerin ağırlıklarının çarpımı sonucunda elde edilmiştir. AHS ağırlıkları ve TOPSIS yöntemi çalışma kapsamında Excel tablo ve formülleri yardımıyla uygulanmış ve aşağıdaki tablolarda çözüm adımları verilmiştir. Bu aşamada Çizelge 6.18'de gösterilen Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisindeki en yüksek ve en düşük değerler işaretlenmiştir.

**Çizelge 6. 18.** AHS -TOPSIS\_En Yüksek ve En Düşük Değerler

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>R1</b>	0,007	0,002	0,017	0,045	0,024	0,042	0,005	0,019	0,064	0,031	0,013	0,002	0,039	0,006	0,020
<b>R2</b>	0,036	0,003	0,029	0,090	0,019	0,019	0,006	0,006	0,074	0,031	0,009	0,004	0,023	0,008	0,012
<b>R3</b>	0,018	0,003	0,026	0,063	0,024	0,033	0,006	0,015	0,092	0,038	0,012	0,003	0,027	0,008	0,022
<b>R4</b>	0,018	0,003	0,026	0,063	0,024	0,038	0,006	0,015	0,092	0,031	0,011	0,003	0,031	0,008	0,022
<b>R5</b>	0,026	0,003	0,023	0,072	0,016	0,028	0,005	0,013	0,064	0,031	0,011	0,004	0,023	0,007	0,015
<b>R6</b>	0,026	0,003	0,020	0,072	0,021	0,024	0,005	0,013	0,074	0,023	0,009	0,004	0,023	0,008	0,015
<b>R7</b>	0,033	0,003	0,023	0,081	0,008	0,028	0,005	0,008	0,083	0,023	0,009	0,004	0,027	0,010	0,012
<b>R8</b>	0,018	0,003	0,020	0,063	0,011	0,024	0,005	0,017	0,074	0,027	0,009	0,003	0,027	0,007	0,022

Bu aşamada her bir alternatifin ideal çözümünden ve negatif-ideal çözümünden ayırma uzaklığı ölçümü yapılmıştır. (5.12)'deki formülden pozitif sapma ölçütü (A+) (5.13)'teki formülden ise negatif yönde sapma ölçütleri (A-) sırasıyla her alternatif için bulunmuştur. Benzer şekilde bütün adaylar için ayırma ölçüsü hesaplandığında Çizelge 6.19'daki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 6. 19.** AHS -TOPSIS\_Ayırma ölçütleri

<b>Rota</b>	<b>A+</b>	<b>A-</b>
<b>R1</b>	0,062	0,037
<b>R2</b>	0,039	0,057
<b>R3</b>	0,036	0,047
<b>R4</b>	0,035	0,047
<b>R5</b>	0,044	0,037
<b>R6</b>	0,042	0,038
<b>R7</b>	0,036	0,049
<b>R8</b>	0,048	0,029

Bu aşamada ise her bir alternatif için (5.14)'deki formül uygulanmış ve bütün değerler için Çizelge 6.20 oluşturulmuştur. Çizelge 6.20'te AHS-TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılarak bulunan ideal çözüme göreli yakınlık değerleri gösterilmektedir.



**Çizelge 6. 20.** AHS -TOPSIS\_İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Rota	A+	A-	Ci (S-/(S+S*))	%
R1	0,062	0,037	0,373	37
R2	0,039	0,057	0,595	60
R3	0,036	0,047	0,563	56
R4	0,035	0,047	0,572	57
R5	0,044	0,037	0,459	46
R6	0,042	0,038	0,470	47
R7	0,036	0,049	0,580	58
R8	0,048	0,029	0,374	37

**Çizelge 6. 21.** AHS -TOPSIS\_TOPSIS'e Göre Tercih Sırası

Rota	A+	A-	Ci (S-/(S+S*))	%	Sıralama
R1	0,062	0,037	0,373	37	8
R2	0,039	0,057	0,595	60	1
R3	0,036	0,047	0,563	56	3
R4	0,035	0,047	0,572	57	4
R5	0,044	0,037	0,459	46	6
R6	0,042	0,038	0,470	47	5
R7	0,036	0,049	0,580	58	2
R8	0,048	0,029	0,374	37	7

Çizelge 6.20'deki değerlere göre en yüksek değerden itibaren sıralama yapılmıştır. Buna göre sıralama Çizelge 6.21'de gösterilmiştir. Sonuçlara göre sıralama R2, R7, R3, R4, R6, R5, R8 ve R1 olarak bulunmuştur.

### 6.9. AAS-TOPSIS Çözümü

AAS-TOPSIS karma modelinde AAS yöntemi sonuç ağırlıkları kullanılarak TOPSIS metot uygulanmıştır. AAS ağırlıkları Şekil 6.16'da gösterilmiştir. Bu ağırlıklar TOPSIS yöntemi için kullanılarak çözüm yapılmıştır. Çizelge 6.22'de

Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisindeki en yüksek ve en düşük değerler işaretlenerek gösterilmiştir.

**Çizelge 6. 22.** AAS -TOPSIS\_En Yüksek ve En Düşük Değerler

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>R1</b>	0,007	0,003	0,024	0,014	0,008	0,006	0,025	0,009	0,009	0,015	0,020	0,007	0,054	0,034	0,058
<b>R2</b>	0,035	0,004	0,040	0,028	0,007	0,003	0,027	0,003	0,010	0,015	0,014	0,016	0,032	0,045	0,036
<b>R3</b>	0,018	0,004	0,036	0,019	0,008	0,005	0,027	0,008	0,012	0,018	0,018	0,012	0,038	0,045	0,065
<b>R4</b>	0,018	0,004	0,036	0,019	0,008	0,005	0,027	0,008	0,012	0,015	0,016	0,012	0,043	0,045	0,065
<b>R5</b>	0,025	0,003	0,032	0,022	0,006	0,004	0,025	0,007	0,009	0,015	0,016	0,014	0,032	0,040	0,044
<b>R6</b>	0,025	0,003	0,028	0,022	0,007	0,003	0,025	0,007	0,010	0,011	0,014	0,014	0,032	0,045	0,044
<b>R7</b>	0,032	0,004	0,032	0,025	0,003	0,004	0,025	0,004	0,011	0,011	0,014	0,016	0,038	0,051	0,036
<b>R8</b>	0,018	0,003	0,028	0,019	0,004	0,003	0,022	0,008	0,010	0,013	0,014	0,012	0,038	0,040	0,065

Bu aşamada her bir alternatifin ideal çözümünden ve negatif-ideal çözümünden ayırma uzaklığı ölçümü yapılmıştır. 5.12'deki formülden pozitif sapma ölçütü (A+) 5.13'teki formülden ise negatif yönde sapma ölçütleri (A-) sırasıyla her alternatif için bulunmuştur. Benzer şekilde bütün adaylar için ayırma ölçüsü hesaplandığında Çizelge 6.23'deki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 6. 23.** AAS -TOPSIS\_Ayırma ölçütleri

<b>Rota</b>	<b>A+</b>	<b>A-</b>
<b>R1</b>	0,041	0,033
<b>R2</b>	0,038	0,039
<b>R3</b>	0,027	0,039
<b>R4</b>	0,024	0,039
<b>R5</b>	0,037	0,025
<b>R6</b>	0,037	0,026
<b>R7</b>	0,037	0,035
<b>R8</b>	0,032	0,034

Bu aşamada ise her bir aday için (5.14)'deki formül uygulanmış ve bütün değerler için Çizelge 6.24 oluşturulmuştur. Çizelge 6.24'te AAS-TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılarak bulunan ideal çözüme göreli yakınlık değerleri gösterilmektedir.

**Çizelge 6. 24. AAS -TOPSIS\_İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması**

Rota	A+	A-	Ci (S-/(S-+S*))	%
R1	0,041	0,033	0,444	44
R2	0,038	0,039	0,505	50
R3	0,027	0,039	0,592	59
R4	0,024	0,039	0,617	62
R5	0,037	0,025	0,406	41
R6	0,037	0,026	0,411	41
R7	0,037	0,035	0,486	49
R8	0,032	0,034	0,509	51

Çizelge 6.24'deki değerlere göre en yüksek değerden itibaren sıralama yapılmıştır. Buna göre sıralama Çizelge 6.25'te gösterilmiştir. Sonuçlara göre sıralama R4, R3, R2, R5, R6, R1, R7 ve R8 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 6. 25. AAS-TOPSIS\_TOPSIS'e Göre Tercih Sırası**

Rota	A+	A-	Ci (S-/(S-+S*))	%	Sıralama
R1	0,041	0,033	0,444	44	6
R2	0,038	0,039	0,505	50	4
R3	0,027	0,039	0,592	59	2
R4	0,024	0,039	0,617	62	1
R5	0,037	0,025	0,406	41	8
R6	0,037	0,026	0,411	41	7
R7	0,037	0,035	0,486	49	5
R8	0,032	0,034	0,509	51	3

## 6.10. Sonuçların Değerlendirilmesi

Çalışmada Ankara’da yapılması düşünülen monoray için 8 alternatif güzergâh, 4 kriter ve 15 alt kriter üzerinden değerlendirme yapılmış olup kentsel ulaşımı iyileştirecek en iyi güzergâh seçimi yapılmıştır. Çevresel etki, sosyal etki, mühendislik, ekonomiklik ana kriterleri ile şehrin büyüme potansiyeli, nüfus yoğunluğu, talep seviyesi, çevrenin durumu gibi ulaşım etki eden faktörler değerlendirmeye katılmış olup uzman görüşlerine başvurulmuştur.

Alternatif 8 güzergâh irdelenmiş olup 5 farklı değerlendirme yoluna gidilmiştir. Kullanılan ÇÖKV teknikleri, AHP, AAS, TOPSIS, AHS-TOPSIS ve AAS-TOPSIS yöntemleridir. Bulunan çözüm sonuçları Çizelge 6.26’da gösterilmektedir.

Çizelge 6. 26. Çözüm sonuçlarının karşılaştırılması

Yöntem	Sıralama								En İyi Üç Seçim
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	
AHS	5	2	4	3	1	6	7	8	R5-R2-R4
AAS	1	2	4	3	5	6	7	8	R1-R2-R4
TOPSIS	6	3	2	1	4	5	7	8	R4-R3-R2
AHS-TOPSIS	8	1	3	4	6	5	2	7	R2-R7-R3
AAS-TOPSIS	6	4	2	1	8	7	5	3	R4-R3-R8

Güzergâh belirleme iyi bir planlama gerektirmektedir. Bunun için çok yönlü değerlendirme yapmak ve trafikte iyileşme sağlayacak güzergâhlar irdelenmelidir. Aynı zamanda yapılacak olan değerlendirmede hem yolcunun talepleri hem hizmet verenin talepleri hemde çevreyi koruma bilinci içinde yapılacak bir seçim sürdürülebilir kentsel ulaşım için temel prensip olmalıdır. Bu noktada bu çalışmada belirlenen değerlendirme kriterleri: inşaa maliyeti, kamulaştırma, arazi yapısı, hassas bölgeler, alışveriş ve yerleşim alanlarına erişim, iş ve eğitim bağlantısını sağlama, estetik ve görsel etki, erişilebilirlik, nüfus yoğunluğu, kamusal hareketlilik, genişletilebilir ve iyileştirilebilir, toplam seyahat zamanı, ulaşım entegrasyon, trafik hacmi ve talepleri karşılama düzeyidir.

Çalışma sonuçlarında 5 farklı yöntemde 4 farklı güzergâh birinci seçenek olarak çıkmıştır. Bu duruma yöntemlerin arka planındaki karşılaştırma ve kriter ilişkileri sebebiyet vermektedir. Kullanılan bu yöntemler optimizasyon tekniği olmamakla birlikte çıkan sonuçlar optimum olmadan ziyade talep eden, hizmet sağlayan ve çevre açısından olabilecek en iyi sıralamayı göstermektedir.

Kriterlerin önem ağırlıkları incelendiğinde ise özellikle nüfus yoğunluğu, ulaşım entegrasyon, hassas bölgeler, arzi yapısı, genişletilebilme ve iyileştirilebilme ile iş ve eğitim bağlantısını sağlama daha önemli olduğu görülmektedir. Kriterler değerlendirildiğinde çevre duyarlılığı(hem doğal hem tarihsel hemde kültürel), güzergâhın etkililiği, sürdürülebilir ulaşım ve yüksek talebi karşılayabilecek güzergâh seçimini ön çıkarmaktadır.

Sonuçta taleplere cevap verebilecek nitelikte seçilen güzergâh trafikte iyileşme sağlayarak, toplu ulaşımın özendirilmesi ile sürdürülebilir ulaşım için öncelikli olacak ve trafikte geçirilen süreyi en azlayarak daha yaşanabilir bir Ankara oluşturacaktır.

## 7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Gelişen şehirlerde nüfus yoğunluğu ile birlikte trafiğe çıkan özel araç oranının da artması kent içi hareketliliği arttırmaktadır. Şehirlerde bir yerden başka bir yere ulaşım büyük sorun haline gelmekte, trafikte geçirilen süre her geçen gün artmaktadır. Bu noktada, son dönemlerim popüler kentsel raylı ulaşım sistemlerinden biri olan monoray, kentsel trafik yoğunluğunun önüne geçmede etkili bir toplu ulaşım sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kesintisiz araç trafiğine olanak sağlayan monoray sistemleri %15 oranına varan eğimde tırmanma kabiliyeti gibi özellikleri ile diğer raylı sistemlerin önüne geçmektedir.

Kentsel ulaşımında son dönemlerde popüler olan monoray sistemleri her geçen gün daha da tanınmakta ve uygulama noktasında şehirlerin ulaşım ana planlarında kendine yer edinmektedir. Kurulu alanlarda, genişletilmeye müsait olmayan yollarda uzun vadeli, büyük yatırım gerektiren projeler yerine kısa vadeli ve alternatiflerine göre az yatırımla gerçekleştirilebilecek monorayın kurulması ulaşımı rahatlatma noktasında atılmış önemli bir adım olacaktır.

Monoraylar, kent merkezlerinde çevre ve yaşam kalitesini yükseltmek ve çevreyi korumak amacıyla; trafik sıkışıklığı, trafikte geçirilen zaman, hava kirliliği ve gürültü gibi sorunların kaynağı olan özel araç ve alternatifi olan toplu taşıma araç trafiğini azaltıcı önlemlerin başında gelecektir. Kent merkezlerinde toplu ulaşım erişilebilirliği ve konfor düzeyi yüksek olan monoray, merkez dışı bölgelerde toplu ulaşım ile bütünleştirilerek otopark tesisleri ve aktarma alanları ile kentsel alanda trafikte iyileştirme sağlanmış olacaktır.

Seçilecek toplu ulaşım teknolojisinin yanı sıra ulaşım planlamasında kurulacak güzergâhın belirlenmesi de büyük önem arz etmektedir. Yapılan yatırımlar kentsel ulaşımında iyileştirme sağlamak amacıyla. Aksi takdirde yatırımın heba olması kaçınılmaz olacaktır. Yolcu taleplerine cevap verebilen, çevreye duyarlı, erişilebilir ve trafikte geçirilen süreyi azaltacak etkili güzergâhların seçilmesi trafikte iyileşmeyi

sağlayacaktır. Aynı zamanda hattın etkinliği için nüfus yoğunluğu, trafik hacmi, kamusal hareketlilik, iş ve eğitim bağlantısını sağlama, alışveriş merkezlerine erişim gibi birçok faktörlere dikkat edilerek mevcut durumun irdelenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda ileriye yönelik olarak büyüyen ve sınırları genişleyen merkezlerde şehrin genişleme potansiyeli, mevcut ulaşım ağına entegrasyon, nüfus yoğunluğu gibi faktörler göz önünde bulundurularak sürdürülebilir kentsel ulaşım sağlanmaya çalışılmalıdır. İyi bir sürdürülebilir ulaşım planlaması için tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak mevcut durum ve ileriye yönelik istatistiki bilgiler ile talep tahminleri doğrultusunda güzergâh planlanmalıdır.

Güzergâh belirlemeye birçok faktörün etki etmesi analitik yöntemlerin kullanılmasını gerektirmektedir. ÇÖKV, soyut kavramları somut olarak ifade edebilme olanağına sahip olması ve birçok faktörü tek modelde değerlendirilebilmesi ile planlamacılara kolaylık sağlamak ve verecekleri kararlarda toplu ve tarafsız değerlendirme imkânı sunabilmektedir.

Türkiye’de şehirleşme noktasında lokomotif görevi üstlenen, dünya metropolleri ile yarışan İstanbul, Ankara gibi metropol şehirlerimize monorayların kurulması ile trafik rahatlatacağı gibi bu şehirler için prestij sağlayarak modern şehir görünümünü oluşturacaktır. Ülkemizde henüz kentsel ulaşımında yer edinemeyen ancak şehirlerin ulaşım ana planlarında dâhil edilmeye başlanan monoray ulaşım sistemleri ilk örneklerini verir vermez daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Kentsel ulaşımında, turizm, doğa turizmi, iş, eğitim gibi yoğunluğu olan şehirlerimizde küçük, orta veya büyük ölçekli kurulabilmesi mümkündür.

Son dönemlerde kentsel ulaşım için ülkemizin gündemine yerleşen monoray, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de toplu taşımacılığın gelecekteki en büyük alternatifi ve gözdesi olma yolundadır.

## KAYNAKÇA

Abalı, Y.A., Kutlu B.S., Eren T., Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Bursiyer Seçimi, Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 26, 3-4, 259-272, 2012.

Abastante, F., ve Lami, I. M., A Complex Analytic Network Process (ANP) Network For Analyzing Corridor24 Alternative Development Strategies, In Communications, Computing and Control Applications (CCCA), 2nd International Conference on (pp. 1-8).IEEE, 2012

Agarwal, A., S, Ravi., Tiwari, M.K., Modeling the Metrics of Lean, Agile and Leagile Supply Chain: An ANP-based Approach, European Journal of Operational Research, 173, 211-225, 2006.

Ahmed, N. G., ve Asmael, E. N. M., A GIS-Assisted Optimal Urban Route Selection Based On Multi Criteria Approach, 2010.

Akad, M. ve Gedizlioğlu, E., Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 88-98, 2007.

Alkubaisi, M. I. T., Predefined Evaluating Criteria To Select The Best Tramway Route. Journal of Traffic and Logistics Engineering , 2(3), 211-217, 2014

Alpoğlu, T., Üniversite Gençliğinin İş Seçimi Probleminde Analitik Hiyerarşi Süreci, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2003

Andrew S. Jakes, Economic Analysis Of A Monorail Link Between The Stratosphere Tower And Downtown Las Vegas, In Automated People Movers VI@sCreative Access for Major Activity Centers, 213-223, ASCE, 1997.



Ankara Büyükşehir Belediyesi, Stratejik Planı 2015-2019, <http://www.ankara.bel.tr/stratejik-yonetim> (Erişim Tarihi: 20.05.2016)

Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, 2016 Bütçe Yılı Performans Programı, <http://www.ego.gov.tr/tr/sayfa/56/stratejik-program> (Erişim Tarihi: 20.06.2016)

Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, Ulaşım Bilgileri <http://www.ego.gov.tr/tr/sayfa/1075/rayli-sistem> (Erişim Tarihi: 20.05.2016)

Ankara Büyükşehir Belediyesi, Monoray Değerlendirme Raporu, 2015

Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2023 Başkent Nazım İmar Planı, <http://www.ankara.bel.tr/ankara-buyuksehir-belediyesi-nazim-plan> (Erişim Tarihi: 20.05.2016)

Arslan Ö., Güler N., Kimyasal tanker İşletmeciliği İçin Stratejik Yönetim Modellemesi, İTÜ Mühendislik Dergisi, 10(1), 55-67, 2011.

Aydın Ö., Öznehir S., Akçalı E., Ankara İçin Optimal Hastane Yeri seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14 (2), 69-86, 2009.

Aytaç, S. ve Bayram, N., Üniversite Gençliğinin İş Ve Eş Seçimindeki Etkin Kriterlerinin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Analizi, “İş, Güç” Endüstri ilişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi, 4(2), 2002.

Bağ, N., Özdemir, M., Eren, T., 0-1 Hedef Programlama ve ANP Yöntemi ile Hemşire Çizelgeleme Problemi Çözümü, International Journal of Engineering Research and Development, 4 (1), 2-6, 2012.

Banai, R.,. Evaluation Of Land Use-Transportation Systems With The Analytic Network Process, Journal of Transport and Land Use, 3(1), .85-112, 2010.

- Banai, R., Public Transportation Decision-Making: A Case Analysis Of The Memphis Light Rail Corridor And Route Selection With Analytic Hierarchy Process, *Journal of Public Transportation*, 9(2), 2006.
- Bayazit, Ö., A New Methodology in Multiple Criteria Decision-Making Systems: Analytical Network Process (ANP) and An Application, *Ankara Ü. Siyasal Bilimler Fakültesi Dergisi*, 57(1), 15-33, 2002.
- Bayazit, O., Karpak, B., An Analytic Network Process-Based Framework For Successful Total Quality Management: An Assessment Of Turkish Manufacturing Industry Readiness, *International Journal of Production Economics*, 105, 79–96, 2007.
- Beni´Tez, J.M., Marti´N, J.C., Roma´N, C., Using Fuzzy Number for Measuring Quality of Service in The Hotel Industry, *Tourism Management*, 28, 544–555, 2007.
- Blainey, S. P. ve Preston, J. M., A GIS Based Appraisal Framework for New Local Railway Stations and Services. *Transport Policy* 25, 41-51, 2013.
- Brackett. Q, Biswas. M and Lucy S.H., *Monorail Tecnology Study*, Texas Transportation Institute, Texas A&M University College Station, Texas, 1982.
- Brunner, I., The Integration Of Multiple Criteria Decision Making (MCDM) And Geographic Information System (GIS) For Transit Planning In Honolulu, 34-29593, 2010.
- Brunner, I., Kim, K., ve Yamashita, E., Analytic Hierarchy Process and Geographic Information Systems to Identify Optimal Transit Alignments, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1(2215),:59-66, 2011.

- Burnaz, S. ve İ. Topcu, A Multiple-Criteria Decision-Making Approach for The Evaluation of Retail Location, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 14: 67–76, 2006.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O. ve Nebol, E., Selection Of The Strategic Alliance Partner In Logistics Value Chain, *International Journal of Production Economic*, 113 (1): 148–158, 2008.
- Cankaya, T., Monoray Ulaşım Sisteminin Kocaeli İlinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 2011.
- Ceder, A. A., Roberts, M., ve Schermbucker, R., Investigation Of Skycabs Monorail System In Urban Regions, “*Journal of Transportation Technologie*, 31-43, 2014.
- Chen, S.H., Lee, H. T., Wu, Y.F., Applying ANP Approach To partner Selection For Strategic Alliance,, *Management Decision*, 46 (3), 449–465, 2008.
- Chen, S.J., Hwang, C.L., *Fuzzy multiple attribute decision making: Methods and applications*, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
- Cheng, E.W. L., Li, H. ve Y. Ling., The Analytic Network Process Approach to Location Selection: A Shopping Mall Illustration. *Construction Innovation*, 5: 83-97, 2005.
- Choudhury, A.K., Tiwari, M.K. ve S.K. Mukhopadhyay, Application of An Analytic Network Process to Strategic Planning Problems of A Supply Chain Cell: Case Study of A Pharmaceutical Firm. *Production Planning & Control*, 15 (1), 13-26, 2004.
- Chung, S.H., Lee, A., Pearn, W.L., Analytic Network Process (ANP) Approach For Product Mix Planning In The Semiconductor Fabricator, *International Journal of Production Economics*, 96, 15–36, 2003.

Chung, S.H., Lee, A.H.L. ve Pearn, W.L., Analytic Network Process (ANP) Approach For Product Mix Planning In Semiconductor Fabricator, International Journal of Production Economics, 25, 1144–1156, 2005.

Dağdeviren, M., Dönmez N., ve Kurt, M., Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 21(2):247-255, 2006.

Dağdeviren, M., Eraslan E., Kurt M. ve E.N. Dizdar, Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci ile Alternatif Bir Yaklaşım, Teknoloji, 8(2):115-122, 2005.

Dağdeviren, M., ve Eren T., Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 16-1, 2001.

Das, A. M., Ladın, M. A., Ismail, A., & Rahmat, R. O., Consumers Satisfaction Of Public Transport Monorail User In Kuala Lumpur, Journal of Engineering Science and Technology, 8(3): 272-283, 2013.

Das, A.M., Yukawa S., Ismail A., Rahmat R. A O.K. and Ladin M. A., Comparative Analysis Of Monorail System Between Kuala Lumpur Malaysia And Kitakyushu Japan, Malaysian Universities Transport Research Forum Conference (Dec. 23-24, 2013, Bangi, Malaysia)

Demireli, E., TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi, Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 5(1):101-112. 2010.

Demireli, E., Tükenmez, N.M., İşletme Performansının Ölçümü: TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Üzerine Bir Uygulama, Verimlilik Dergisi, 25-43, 2012.

Effat, H. A., & Hassan, O. A., Designing And Evaluation Of Three Alternatives Highway Routes Using The Analytical Hierarchy Process And The Least-Cost

Path Analysis, Application In Sinai Peninsula, Egypt. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 16(2): 141-151, 2013

Engin, T., Genetik Algoritma Ile Toplu Ulaşım Sistemi Hareket Çizelgesi Optimizasyonu: Çanakkale Örneği, Doktora tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilimdalı/Yöneylem Araştırması Anabilimdalı, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 2013

Engineering and Consulting Firms Association, Nippon Koei Co., Ltd., Project Formulation Study on Medium Transit System for Bangkok Metropolitan Area and Surrounding Areas, Study Report. 2006

Erden T., Coşkun M.Z., Acil Durum Servislerinin Yer Seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve CBS Entegrasyonu, İTÜ Mühendislik Dergisi, 9(6): 37-50. 2010.

Ersöz F. ve Atav A., Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi, YAEM 2011 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 31.Ulusal Kongresi, Sakarya, 78-87, 2011.

Farkas, A., Route/Site Selection Of Urban Transportation Facilities: An Integrated GIS/MCDM Approach, Proceedings-7th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking, 169-184, Budapeşte, Macaristan. 2009.

Funded By Bangalore Metro Rail Corporation Ltd., Issues and Risks for Monorail Projects and Metro Systems, India, 2012.

Gerçek, H., Karpak, B., & Kılınçaslan, T.. A Multiple Criteria Approach For The Evaluation Of The Rail Transit Networks In İstanbul, Transportation, 31(2): 203-228, 2004.

Ghafooripour, A., Ogwuda, O., & Rezaei, S., An Efficient Cost Analysis Of Monorail In The Middle East Using Statistics Of Existing Monorail And Metro

Models, Urban Transport XVIII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century, 18, 241, 2012.

Golledge, R. G., Defining the criteria used in path selection, University of California Transportation Center., 1995.

Golledge, R. G., Defining The Criteria Used In Path Selection. University Of California Transportation Center, University of California Transportation Center, Rapor. 1995.

Gökbulut, A., Monorail: An Alternative Transportation Mode for METU”, Doctoral dissertation, Middle East Technical University, The Department Of Architecture, Ankara, September.Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Mimarlık Bölümü, 2003.

Güngör, A., Evaluation of Connection Types in Design for Disassembly (DFD) Using Analytic Network Process, Computers & Industrial Engineering, 50(12):35-54, 2006.

Güngör, İ., Didar Büyüker İşler, Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 1(2), 21-33, 2005.

Hallikainen, P., Kivijarvi, H., Tuominen, M., Supporting The Module Sequencing Decision In The ERP Implementation Process—An Application Of The ANP Method, International Journal of Production Economics, 119, 259–270, 2009.

Hasse, J., Evaluating Alternate Commuter Rail Corridors in Southern New Jersey, The Association of American Geographers 2007 Annual Meeting. San Francisco, California: Association of American Geographers (AAG), 2007.

Hayati, E., Abdi, E., Majnounian, B., & Makhdom, M., Application Of Sensitivity Analysis In Forest Road Networks Planning And Assessment. Journal of Agricultural Science and Technology, 15(4): 781-792, 2013

- He, X., Application And Prospect Of Straddle Monorail Transit System In China, *Urban Rail Transit*.1(9):26-34, 2015.
- Hochmair, H., Towards A Classification Of Route Selection Criteria For Route Planning Tools, In *Developments in Spatial Data Handling* (pp. 481-492).Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- Hochmair, H. H., Effective User Interface Design in Route Planners for Cyclists and Public Transportation Users: An Empirical Analysis of Route Selection Criteria, In *Transportation Research Board-87th Annual Meeting*, Washington, DC Transportation Research Board of the National Academies, 2008.
- Hopkins, T., Silva, J. P., Marder, B., Turban, B., & Kelley, B., Maglift Monorail: A High Performance, Low Cost, And Low Risk Solution For High-Speed Transportation, In *Proceedings of High Speed Ground Transportation Association. Annual Conference*, Seattle, 1999.
- Hussien M. and Sharawneh O., Comparison Between Monorail System and BRT System in Amman City, *The Fourth Jordan International Conference and Exhibition for Roads and Transport*, 1-15, 2014.
- Hwang C.L., Yoon, H, *Multiple Attributes Decision Making Methods And Applications, A State-Of-The-Art Survey*, New York, Springer-Verlag, 1981.
- Jha, M. K., Schonfeld, P., & Samanta, S., Optimizing Rail Transit Routes With Genetic Algorithms And Geographic Information System, *Journal of Urban Planning & Development*, 3(133): 161-171, 2007.
- Jharkharia, S. ve R. Shankar, Selection of Logistics Service Provider: An Analytic Network Process (ANP) Approach, *The International Journal of Management Science*, 35, 274-289, 2007.

- Kahraman, C., Ertay, T., Buyukozkan, G., A Fuzzy Optimization Model for QFD Planning Process Using Analytic Network Approach, *European Journal of Operational Research*, 171, 390–411, 2006.
- Kalamaras, G. S., Brino, L., Carrieri, G., Pline, C., & Grasso, P., Application Of Multicriteria Analysis To Select The Best Highway Alignment, Tunnelling and Underground Space Technology, 15(4): 415-420, 2000.
- Kannan, G., Pokharel, S., Kumar, P.S., A Hybrid Approach Using ISM And Fuzzy TOPSIS For The Selection Of Reverse Logistics Provider, *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 28-36, 2009.
- Karsak, E.E., Sözer, S., Alptekin, S.E., Production Planning in Quality Function Deployment Using A Combined ANP and Goal Programming Approach, *Computers & Industrial Engineering*, 44(1):171-190, 2002.
- Kato, M., Yamazaki, K., Amazawa, T., & Tamotsu, T., Straddle-Type Monorail Systems With Driverless Train Operation System, *Hitachi Review*, 53(1), 25, 2004.
- Kaysi, I., Sadek, S., & Al-Naghi, H., A GIS-Based Framework for Multi-Criteria Evaluation and Ranking of Transportation Corridor Alternatives. In 11th World Conference on Transport Research, 2007.
- Kazan, H., ve Çiftci, C., Transport Path Selection: Multi-Criteria Comparison. *International Journal of Operations and Logistics Management*, 1(2):33-48, 2013
- Kengpol, A., Tuominen, M., A Framework For Group Decision Support Systems: An Application In The Evaluation Of Information Technology For Logistics Firm, *International Journal of Production Economics*, 101, 159–171, 2006.



- Kennedy, J., Using cadastral maps to accommodate high-speed rail systems in Texas, Esri Survey & Engineering GIS Summits. San Diego, CA: ESRI. 2011.
- Keshkamat, S. S., Looijen, J. M., & Zuidgeest, M. H. P., The formulation and evaluation of transport route planning alternatives: a spatial decision support system for the Via Baltica project, Poland, Journal of Transport Geography, 17(1): 54-64, 2009.
- Kırlangıçoğlu, C., Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergâh Tasarımı: İstanbul Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2014
- Kikuchi, S., & Onaka, A., Monorail Development And Application In Japan., Journal of advanced transportation, 22(1), 17-38, 1988.
- Kim, H. Y., Wunneburger, D. F., & Neuman, M., High-Speed Rail Route and Regional Mobility with a Ras-ter-Based Decision Support System: The Texas Urban Triangle Case, Journal of Geographic Information System,.5(6):559-566, 2013.
- Kimijima, N., Takahashi, H., Kawabata, I., & Matsuo, S., New Urban Transport System For Middle East Monorail System For Dubai Palm Jumeirah Transit System., Hitachi Review, 59(1): 47, 2010.
- Korkmaz, M., Orman İşletmelerinde İktisadilik düzeyinin TOPSIS Yöntemi ile Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 13(1): 14-20, 2012.
- Kosijer, M., Ivic, M., Markovic, M., & Belosevic, I. Multicriteria Decision-Making In Railway Route Planning And Design, Gradevinar, 64(3): 195-205, 2012.
- Kuwabara, T., Hiraishi, M., Goda, K., Okamoto, S., Ito, A., & Sugita, Y., New solution for urban traffic: small-type monorail system. Automated People Movers 50(4):139, 2001.

- Lee, A.H.I., Chen, H.H., Tong, Y., Developing new products in a network with efficiency and innovation, *International Journal of Production Research*, 46 (17): 4687–4707, 2008.
- Lee, J. W., Kim, S.H., Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdependent Information System Project Selection, *Computers & Operations Research*, 27(4):367-382, 2001.
- Liu Xi, Sun Huan, Liu Fang-Gang, Study On The Application And Development Of Monorail Transit System, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 3 (5), 2014.
- Lin C.T., Lee C. and Chen W.Y., An Expert System Approach To Assess Service Performance Of Travel İntermediary, *Expert Systems with Applications*, 36, 2987-2996, 2009.
- Ludin, M., Nazri, A., Latip, M., & Haslinda, S. N., Using multi-criteria analysis to identify suitable light rail transit route. 1-12, 2006.
- Hamurcu M. ve Eren, T., Monoray Ve Türkiye’de Potansiyel Uygulanabilirliği. *Transist 8. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı.İstanbul*. 410-419, 2015a.
- Hamurcu M. Ve Eren, T., Ankara Büyükşehir Belediyesi’nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle Monoray Güzergâh Seçimi. *Transist 8. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı.*, 401-409, 2015b.
- Hamurcu M., Gür Ş., Özder E.H., Eren T., “A Multicriteria Decision Making For Monorail Projects with Analytic Network Process and 0-1 Goal Programming.”. *International Journal Of Advances In Electronics And Computer Science ( IJA ECS )*, 3(7):8-12, 2016.

- Hamurcu, M., Eren, T., “Using ANP - TOPSIS Methods For Route Selection Of Monorail in Ankara”, 28th European Conference on Operational Research, Poznan, Poland, July 3-6, 2016
- Macura, D., Boškovic, B., Bojovic, N., & Milenkovic, M., A Model For Prioritization Of Rail Infrastructure Projects Using ANP, *Rivista Internazionale di Economia dei Trasporti*, 38(3): 285, 2011.
- Marathe, R., & Hajiani, N. D., A Review Of Research On Monorail As An Alternative Mass Rapid Transit System, *International Journal Of Science And Research (IJSR)*, 4(2), 2013.
- Martin, R., & Greenwood, C., High Speed Rail Alignment Generation And Optimization Using GIS, Esri International User Conference. San Diego, CA: ESRI, 2012
- Matsui, N., Strategic Urban Public Transport Improvement in Japan, Thirteenth International Conference on Automated People Movers and Transit Systems 2011.
- Meade, L. M. and A., Presley, R And D Project Selection Using The Analytic Network Process, *IEEE Transaction on Engineering Management*, 49(1):59-66, 2002.
- Meade, L., Strategic Analysis of Logistics and Supply Chain Management using the Analytic Network Process, *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 34(3):201-215, 1998.
- Meade, L., Presley, L., R&D Project Selection Using the Analytic Network Process,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, 49 (1): 59–66, 2002.
- Meade, L.M. and J. Sarkis, Analyzing Organizational Project Alternatifler for Agile Manufacturing Processes: An Analytical Network Approach, *International Journal of Production Research*, 37(2): 241-246, 1999.

- Mohajeri, N. & Amin, G. R., Railway Station Site Selection Using Analytical Hierarchy Process and Data. *Computers & Industrial Engineering*, 59(1): 107-114, 2010.
- Narasimahn R., An Analytical Approach to Supplier Selection *Journal of Purchasing and Management*, 19(4): 27-32, 1983.
- Nydick R.L., Hill R.P., Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure. *Journal of Purchasing and Management*, 25(2),: 31-36, 1992.
- Olcer, A. I., A Hybrid Approach For Multi-Objective Combinatorial Optimisation Problems In Ship Design And Shipping, *Computers & Operations Research*, 35, 2760–2775, 2008.
- Onüt, S., Soner, S. Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*, 28 (9):1552–1559, 2008.
- Öncel, A. G., İstanbuldeki Trafik Probleminin Çözümü İçin En Uygun Ulaşım Alternatifinin Seçimi” Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi, 2003.
- Özbek, A., Eren, T., Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Firma Seçimi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 27 (1): 95-113 2013.
- Özbek, A., Eren, T., Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri İle Hizmet Sağlayıcı Seçimi, *Akademik Bakış*, 36, 1-22, 2013.
- Öztürk, A., Erdoğan, Ş., Arıkan, V.S., Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi: Bir Tekstil Firmasında Uygulama. *Dokuz*

Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26 (1):93-112, 2011.

Özyörük B., Özcan C.E., Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründe Bir Örnek, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 13 (1): 133-144, 2008.

Palaz H., Kovancı A. Türk Deniz Kuvvetleri Denizaltılarının Seçiminin AHP ile Değerlendirilmesi, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 3 (3): 53-60, 2008.

Parekh, J:A, Raval N.G. and Dodiya D., Overview Of Monorail Rapid Transit System. Journal Of Information, Knowledge research in computer engineering.2(2):285-291, 2013.

Partovi F.Y., Burton J., Banerjee A.. Application of Analytic Hierarchy Process in Operations Management, International Journal of Operations and Production Management, 10(3):5-19, 1989.

Partovi, F.Y., An Analytic Model for Locating Facilities Strategically, The International Journal of Management Science, 34:41-55, 2006.

Piantanakulchai, M., Analytic Network Process Model For Highway Corridor Planning. Proceedings Of ISAHP, 2005.

Piantanakulchai, M., & Saengkhaio, N. Evaluation Of Alternatives In Transportation Planning Using Multi-Stakeholders Multi-Objectives AHP Modeling. In Proceedings of the Eastern Asia Society for transportation studies, 4:1613-1628, 2003.

Ratner, K. A., Relating u.s. urban population, employment, and congestion to u.s. rail transit development and success. AAG Annual Meeting, 2000 (s. 597).

Pittsburgh, Pennsylvania: Association of American Geographers (AAG), 2000.

Ravi, V., Shankar, R., Tiwari, M.K., Analyzing Alternatives In Reverse Logistics For Endof- Life Computers: ANP And Balanced Scorecard Approach, *Computers & Industrial Engineering*, 48, 327–356, 2005.

Ravi, V., Shankar, R., Tiwari, M.K., Selection Of A Reverse Logistics Project For End-Of-life Computers: ANP And Goal Programing Approach, *International Journal of Production Research*, 46 (17):4849-4870, 2008.

Ryan R. Kennedy, Considering Monorail Rapid Transit for North American Cities.”, *The Monorail Society*, 41, 2008.

Saat, M. R., & Aguilar Serrano, J., Multicriteria high-speed rail route selection: application to Malaysia's high-speed rail corridor prioritization. *Transportation Planning and Technology*, 38(2), 200-213, 2015.

Saaty, T.L., *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS publications, Pittsburgh, 1996.

Sadasivuni, R., O'hara, C. G., Nobrega, R., & Dumas, J., A transportation corridor case study for multi-criteria decision analysis. In *American Society of Photogrammetry and remote Sensing Annual Conference*, 11-14, 2009.

Sadatsugu N and Mihoko M., A MEplan model for Tama Urban Monorail; eastern Asia society for transportation studies , 5: 209-217, 2005.

Sadatuqu, T.M.N. and Toshio, K., Study on the Influences of Public Transportation on Land and Building Use: The Case of Tama Monorail Line, *The City Planning Institute of Japa*, 98-102, 2010.

- Shih, H.S., Shyur, H.J., Lee, E.S., An Extension Of TOPSIS For Group Decision Making. *Mathematical and Computer Modelling*, 45, 801–813, 2007.
- Shyur, H.-J., Shih, H.S., A hybrid MCDM model for strategic vendor selection, *Mathematical and Computer Modelling*, 44, 749–761, 2006.
- T.L. Saaty, *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh, 1996.
- T.L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York. 1980.
- Tabucanon, M.T., *Multiple Criteria Decision Making In Industry*, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1988.
- Sekitani, T., Hiraishi, M., Yamasaki, S., & Tamotsu, T., China's First Urban Monorail System in Chongqing. *Hitachi Review*, 54(4), 193, 2005.
- Tarighi, A, Multi-Criteria feasibility assessment of the monorail. Master dissertation, Middle East Technical University, Ankara. Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2011.
- Tennessee Department of Transportation, *Monorail Assessment Report For The I-24 Southeast Corridor, Final Report*, 2015.
- Thakkar, J., Deshmukh S.G. , Gupta A.D. and R. Shankar, Selection of ThirdParty Logistics (3PL): A Hybrid Approach Using Interpretive Structural Modeling (ISM) and Analytic Network Process (ANP), *Supply Chain Forum: An International Journal*, 6(1): 32-46, 2005.
- The monorail society, <http://www.monorails.org/> (Erişim Tarihi: 05.05.2016)
- Timan, P. E., Why Monorail Systems Provide A Great Solution For Metropolitan Areas, *Urban Rail Transit*, 1(1):13-25, 2015.

- Toraman, D., Mekansal Çok Ölçütlü Karar Analizi: Ulaştırma İçin Güzergâh Seçenekleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
- Tsou, C.H., Multi-Objective Inventory Planning Using MOPSO And TOPSIS, Expert Systems with Applications, 35:1-2, 136-142, 2008.
- Tuzkaya,G., Önüt, S., Tuzkaya, U.R., Gülsün B., An Analytic Network Process Approach for Locating Undesirable Facilities: An Example from Istanbul, Journal of Environmental Management, 88(4):970-983, 2008.
- Verma, A., & Dhingra, S. L., Optimal Urban Rail Transit Corridor Identification Within Integrated Framework Using Geographical Information System, Journal of Urban Planning & Development, 2(131):98-111, 2005.
- Walker, Cam C., The Las Vegas Monorail, An Innovative Solution For Public Transportation Problems Within The Resort Corridor.UNLV, Theses, Dissertations, Professional Papers, and Capstones, 198, 1999.
- Wang, B., Constructability Analysis of Monorail Project. Pre-Project Planning& Constructability Analysis, 2003
- Watanabe, K., Gotoh, K., & Tachiiri, K., Route Selection For A New Transportation System In Hillside Urban Areas: A Case Study In Nagasaki, Japan.Journal of urban planning and development, 132(2): 89-96, 2006.
- Wu, W.W., Lee, Y.T, Selecting Knowledge Management Strategies by Using The Analytic Network Process, Expert Systems with Applications, 32(3):841 - 847, 2007.
- Wu, W.Y., Shih, H.A., Chan, H.C., The Analytic Network Process for Partner Selection Criteria in Strategic Alliances, Expert Systems with Applications, in press, 2008.



- Y. Li, Y. Xu, H. Yan, K. Wang, K., & N. Wei, Suspended Monorail System: A New Development of an Urban Rail Transit System with Low Passenger Capacity. In Fifth International Conference on Transportation Engineering., 3180-3186, 2015.
- Y.W. Zhang, F. Hiroatsu, Y. P. Wang, Demographic Analysis On The Monorail And Urban Development, 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 1524-1528, 2011.
- Yao, X. Where Are Public Transit Needed: Examining Potential Demand For Public Transit For Commuting Trips, Computers, Environment & Urban Systems, 5(31): 535-550, 2007.
- Yetim S., Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi İlköğretim Matematik Öğretmenliği Programı Birinci sınıf Öğrencilerinin Bu Programı seçmelerinde Etkili Olan Öncelikli Faktörlerin AHP Metodu ile Analizi, Kastamonu Eğitim Dergisi, 16 (2):589-606, 2008.
- Yurdakal, M., İç, Y.T., Türk Otomotiv Firmalarını Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma.Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi.18(1):1-18, 2003.
- Yurdakul M., Measuring Long-Term Performance Of A Manufacturing Firm Using The Analytic Network Process, International Journal of Production Research, 41(11):2501-2529, 2003.
- Yurdakul, M., AHP as Strategic Decision Making Tool to Justify Machine Tool Selection, Journal of Material Process Technology, 146, 365–376, 2004.
- Yükçü, S., Atağan, G., TOPSIS Yöntemine Göre Performans Değerleme.Muhasebe ve Finansman Dergisi, 45, 55-66, 2010.

Yüksel, İ., Dağdeviren, M., Using the Analytic Network Process (ANP) in a SWOT Analysis- A Case Study for A Textile Firm, *Information Sciences*, 177(16):3364-3382, 2007.

Zhang, Y., Fukuda, H., & Yu, T., Study On The Style Of Urban Development As A Center Of Kitakyushu Monorail—About The User Actual Situation And The Demographic Around The Station., *Open Journal of Civil Engineering*, 4(4), 318, 2014.

Zhongzhen, Y., & Hayashi, Y., GIS-Based Analysis of Railway's Origin/Destination Path-Selecting Behavior. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 3(17): 221-226, 2002.