



T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

RAYLI SİSTEM PROJELERİNİN
ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömer RAMADAN

146401103

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yavuz Selim ÖZDEMİR

İSTANBUL, 2018





T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mühendislik Yönetimi

**RAYLI SİSTEM PROJELERİNİN
ÖNCELİKLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan: **Ömer RAMADAN**

KABUL VE ONAY

Ömer Ramadan tarafından hazırlanan “RAYLI SİSTEM PROJELERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ” başlıklı bu çalışma, Savunma Sınavı tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz Tarafından Tezin Türü olarak kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi Yavuz Selim ÖZDEMİR

Dr.Öğr.Üyesi Volkan ÇAKIR

Dr.Öğr.Üyesi Sezgin KILIÇ

Dr.Öğr.Üyesi Yavuz Selim ÖZDEMİR

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “RAYLI SİSTEM PROJELERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Ömer RAMADAN

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumunyıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Ömer RAMADAN

TEŐEKKÜR

Çalıőmamın her aşamasında bilgi, tecrübesiyle bana büyük desteği olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Yavuz Selim Özdemir' e, anket çalıőmalarında bana destek olan İBB çalıőanlarına, çalıőmalarından yararlandığım ve kaynak olarak kullandığım bilim adamları, akademisyenler ve öğrencilere teőekkür ederim.

Bu günlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan aileme, bu süreçte bana desteğini esirgemeyen eőim Őeyda Ramadan'a ve tez çalışma sürecinde dünyaya gelen oğlum Ali Nimetullah Ramadan'a sevgilerimi sunarım.

ÖZET

RAYLI SİSTEM PROJELERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

Ömer RAMADAN

Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yavuz Selim ÖZDEMİR

Haziran, 2018 - 74 Sayfa

İstanbul, Avrupa' nın büyük metropoliten bölgelerine benzer şekilde nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bir merkez olarak öne çıkmaktadır. İstanbul' daki nüfus yoğunluğu ile birlikte oluşan trafik artışı, insanların toplu taşımada raylı sistem kullanmalarını cazip hale getirmektedir.

Bu çalışmada raylı sistem projelerinin belediye açısından ekonomik ve finansal değerlendirmesi yapılırken aynı zamanda sosyal-çevresel değerlendirilmesi de yapıp genel talep ve acil ihtiyaç durumları da göz önünde bulundurulacaktır. Böylece en iyi alternatiflerin yapımı hızlandırılıp hem trafik sıkışıklığının azalmasına hem de insanların ihtiyaçlarını gidermeye yönelik daha iyi bir çözüm olacaktır.

Önceliklendirme, sıralama, en iyi alternatifi bulma gibi durumlarda sıklıkla çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılmaktadır. Bu tekniklerden Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi, karar verme problemlerinde sıklıkla tercih edilmekte olup sıralama durumlarında ise PROMETHEE yöntemi ağırlıklı olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada raylı sistem projelerinin önceliklendirilmesi yapılırken uzman karar vericilerin belirlemiş olduğu önem düzeyleri doğrultusunda kriter ağırlıkları belirlenerek Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve PROMETHEE yöntemi birlikte kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: raylı sistemler, çok kriterli karar verme, bulanık analitik hiyerarşi süreci, PROMETHEE

ABSTRACT

PRIORITY OF RAILWAY SYSTEM PROJECTS

Ömer RAMADAN

Master Thesis, Institute of Science and Technology

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Yavuz Selim ÖZDEMİR

June, 2018 - 74 Pages

Istanbul stands out as a center of high population density similar to the major metropolitan areas of Europe. The increase in traffic combined with the population density in Istanbul makes it attractive for people to use rail systems on public transport.

In this study, social and environmental evaluation will be carried out at the same time while the economic and financial evaluations of the projected systems are carried out in terms of the municipality and the general demand and urgent need situations will be taken into consideration. This will speed up the construction of the best alternatives and will be a better solution to reduce both traffic congestion and people's needs.

In cases such as prioritization, ranking, finding the best alternative, often multi-criteria decision making techniques are used. From these techniques, Fuzzy Analytic Hierarchy Process Method is frequently preferred in decision making problems and PROMETHEE method is used predominantly in ranking situations.

In this study, while prioritizing the projected systems, the criteria weights are determined in accordance with the importance levels determined by the expert decision makers and the Fuzzy Analytical Hierarchy Process and the PROMETHEE method will be used together.

Key Words: rail systems, multi criteria decision making, fuzzy analytic hierarchy process, PROMETHEE

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar LİSTESİ.....	vi
EK-A Tablo Listesi.....	vii
EK-B Tablo Listesi	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	x

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Projenin Tanımı	1
1.2. Yöntemin Belirlenmesi.....	1
1.3. Çalışmanın Amacı	2
1.4. Akış Planı	2

2. BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Karar ve Karar Verme	3
2.1.1. Karar Bileşenleri.....	4
2.1.2. Karar Verme Süreci	5
2.1.3. Karar Verme Türleri	8
2.2. Çok Kriterli Karar Verme.....	9
2.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	9
2.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Özellikleri	10
2.2.3. Çok Kriterli Karar Verme Süreci ve Aşamaları	10
2.2.4. ÇKKV Yöntemlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	11
2.2.5. Probleme Uygun ÇKKV Metodunun Seçimi	12
2.2.6. ÇKKV Problemlerinde Kullanılan Yöntemler	13
2.2.6.1. AHS	13
2.2.6.2. Bulanık AHS.....	16
2.2.6.2.1. Bulanık Mantık	17
2.2.6.3. PROMETHEE	18

2.2.6.4. VIKOR.....	19
2.2.6.5. ELECTRE.....	20
2.2.6.6. TOPSIS	21
2.3. Raylı Sistemler.....	22
2.3.1. Raylı Sistem Türleri.....	23
2.3.1.1. Tramvay	23
2.3.1.2. Hafif Raylı Sistem	24
2.3.1.3. Metro.....	25
2.3.1.4. Havaray	25
2.3.1.5. Banliyö Treni	26
2.3.2. Dünya Şehirlerinde Raylı Sistemler	27
2.3.2.1. Tokyo	27
2.3.2.2. New York.....	28
2.3.2.3. Şanghai.....	29
2.3.2.4. Londra.....	30
2.3.2.5. Madrid.....	31
2.3.2.6. Paris	32
2.3.2.7. Moskova	33
2.3.3. İstanbul’ da Raylı Sistemler	34
3. BÖLÜM	
YÖNTEM	
3.1. Bulanık AHS.....	37
3.1.1. Bulanık AHS Yönteminin Gelişim Aşamaları	37
3.1.2. Bulanık AHS Yöntemleri ve Karşılaştırılması	38
3.1.3. Bulanık AHS Önem Dereceleri	39
3.1.4. Buckley Yaklaşımı.....	39
3.2. PROMETHEE	41
3.2.1. PROMETHEE Yönteminin Gelişim Aşamaları	42
3.2.2. PROMETHEE Yöntemi Algoritması	42
3.2.3. PROMETHEE Yöntemi Uygulama Adımları	43
4. BÖLÜM	
UYGULAMA	
4.1. Uygulamanın Yapım Aşamaları	50
4.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması.....	50

4.3. Önem Düzeylerinin Belirlenmesi	54
4.4. Tutarlılık Oranının Hesaplanması.....	54
4.4. Bulanık AHS Önem Düzeyleri	56
4.5. Buckley Yaklaşımı Uygulaması	56
4.6. PROMETHEE Yönteminin Uygulanması	57

5. BÖLÜM

SONUÇ

KAYNAKÇA	64
EK-A.....	69
EK-B	70
ÖZGEÇMİŞ.....	74

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2-1 AHS Değerlendirme Ölçeği.....	15
Tablo 2-2 Bulanık Mantık ile Klasik Mantık Arasındaki Temel Farklar	18
Tablo 3-1 Bulanık AHS Yöntemlerinin Karşılaştırılması	38
Tablo 3-2 Bulanık AHS Önem Dereceleri	39
Tablo 3-3 PROMETHEE Yöntemi Veri Matrisi.....	43
Tablo 3-4 PROMETHEE Yöntemi Tercih Fonksiyonları.....	44
Tablo 4-1 Alternatif Tablosu.....	52
Tablo 4-2 Ana Kriterler için AHS Önem Düzeyleri.....	54
Tablo 4-3 Rassal Gösterge Oranları	55
Tablo 4-4 Ana Kriterler için Normalleştirilmiş Önem Düzeyleri ve Tutarlılık Hesaplaması	55
Tablo 4-5 Ana Kriterler için Bulanık AHS Önem Düzeyleri	56
Tablo 4-6 Yerel ve Global Ağırlıkların Hesaplanması.....	56
Tablo 4-7 İUAP Sosyal ve Çevresel Değerlendirme Gösterge Çizelgesi.....	58
Tablo 4-8 Visual PROMETHEE Tam Sıralama Sonuçları	60
Tablo 5-1 İUAP E-IRR ve F-IRR Gösterge Çizelgesi	62

EK-A Tablo Listesi

Ek-A Tablo 1 Örnek Anket Tablosu.....	69
--	----

EK-B Tablo Listesi

Ek-B Tablo 1 Alternatiflerin Ekonomik Değerlendirilmesi.....	70
Ek-B Tablo 2 Alternatiflerin Finansal Değerlendirilmesi.....	71
Ek-B Tablo 3 Alternatiflerin Sosyal ve evresel Değerlendirilmesi	72
Ek-B Tablo 4 İUAP Raylı Sistem Projelerinin Değerlendirilmesi.....	73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1 Karar Verme Süreci.....	8
Şekil 2-2 Çok Kriterli Karar Verme Süreci ve Aşamaları	11
Şekil 2-3 AHS Hiyerarşik Yapısı.....	15
Şekil 2-4 Tramvay Örneği	24
Şekil 2-5 LRT Örneği	25
Şekil 2-6 Metro Örneği.....	25
Şekil 2-7 Havaray Örneği	26
Şekil 2-8 Banliyö Treni Örneği	27
Şekil 2-9 Tokyo Metro su	27
Şekil 2-10 New York Metro su.....	28
Şekil 2-11 Şanghay Metro su.....	29
Şekil 2-12 Londra Metro su	30
Şekil 2-13 Madrid Metro su.....	31
Şekil 2-14 Paris Metro su	32
Şekil 2-15 Moskova Metro su.....	33
Şekil 2-16 2004 Öncesi İstanbul’ da Raylı Sistemler	34
Şekil 2-17 2017 Yılında İstanbul’ da Raylı Sistemler	35
Şekil 2-18 2019 Yılında İstanbul’ da Raylı Sistemler	36
Şekil 2-19 2019 Sonrası İstanbul’ da Raylı Sistemler	36
Şekil 3-1 PROMETHEE Yöntemi Süreç Algoritması	43
Şekil 3-2 Ortak Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi.....	47
Şekil 3-3 Pozitif ve Negatif Üstünlükler.....	48
Şekil 4-1 Projenin Hiyerarşik Yapısı	53
Şekil 4-2 Visual PROMETHEE Hiyerarşik Yapı ve Ağırlık Oranları.....	57
Şekil 4-3 Visual PROMETHEE Uygulama Aşamaları.....	58
Şekil 4-4 Visual PROMETHEE Gösterge Çizelgesi Sistemi	59
Şekil 4-5 Visual PROMETHEE Alternatif Değerlendirme Tablosu	59
Şekil 5-1 İUAP Raylı Sistemlerin Önceliklendirilmesi	61

KISALTMALAR LİSTESİ

İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İUAP	: İstanbul Ulaşım Ana Planı
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
PROMETHEE	: The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant La Realite
LRT	: Light Rail Transit
CR	: Tutarlılık Oranı
CI	: Tutarlılık Göstergesi
RI	: Rassal Gösterge

1. GİRİŞ

İstanbul, Avrupa kıtası ile Asya kıtasını birbirine bağlayan, stratejik bir konuma sahip dünyanın en önemli şehirlerinden biridir. Öte yandan dünyanın en kalabalık şehirleri arasında yer almakta olan İstanbul'da, ekonomik büyümeyle birlikte nüfus yoğunluğu da hızla artmaya devam etmektedir. 2006 yılında 12 milyon olan İstanbul nüfusu, 2016 yılında 15 milyon seviyelerine ulaşmıştır. İstanbul'da yoğun kentleşme, ekonomik büyüme ve nüfus artışının sonucunda günlük yolculuk sayıları da fazlasıyla artmaktadır. Bu yolculuklarda şahsi araçların yanı sıra toplu taşıma da yoğun şekilde kullanılmaktadır. Toplu taşımada ise en çok tercih edilen ulaşım tipi raylı sistemlerdir. Artan nüfus yoğunluğu ve bununla birlikte artan yolculuk talebinin sonucunda mevcut raylı sistemler altyapısı, artmakta olan yolculuk talebini karşılayamamak hale gelmiştir.

İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi), yatırım giderlerinin büyük bir çoğunluğunu ulaşım sistemlerine ayırmaktadır. Bu ulaşım sistemleri raylı sistem, karayolları, deniz ulaşımı ve otoparkları içine almaktadır. Dar bir alana yerleşen nüfus birikimi hızlı bir şekilde gelişip trafik hacmini ve talebini artırırken, ulaşım sektörünün geliştirilmesi için raylı sistem başta olmak üzere geniş bir zaman dilimi gerekmektedir. Bu sebeple ulaşım altyapısı için dinamik yatırım planlaması ve politikalarını içeren, Türkiye'nin ana şehri olan İstanbul için uzun dönem arazi kullanım planı ile uyum içinde bulunan bütünleşmiş bir temel plan çalışmasına gereksinim duyulmuştur (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011).

1.1. Projenin Tanımı

Bu çalışmada, İUAP (İstanbul Ulaşım Ana Planı) kapsamında yer alan raylı sistem projeleri ekonomik, finansal ve sosyal-çevresel açıdan değerlendirilip öncelik sıralaması yapılacaktır. Bu değerlendirmede, İUAP kapsamında değerlendirilme yapılırken baz alınan verilerden yararlanılacaktır.

1.2. Yöntemin Belirlenmesi

ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) tekniklerinden olan Bulanık AHS

(Analitik Hiyerarşi Süreci) ve PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation) yöntemi bu çalışma kapsamında kullanılacaktır. Karar verme teknikleri ile birden fazla alternatifin olduğu durumlarda, bu alternatiflerin seçilmesini etkileyecek ölçütlerin önem düzeylerinin karar verici tarafından belirlenerek en uygun alternatifi bulmasını sağlamaktır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, 33 alternatifin bulunduğu raylı sistem projelerinin, 3 ana kriter olan ekonomik değerlendirme, finansal değerlendirme ve sosyal-çevresel değerlendirmeden oluşan ve bunlara bağlı 10 alt kriter üzerinden uzman karar vericilere sunulacak anket ile belirlenecek önem düzeyleri sayesinde Bulanık AHS uygulanarak kriter ağırlıkları belirlenecektir. Belirlenen ölçüt ağırlıkları ile PROMETHEE yönteminden faydalanarak en uygun sıralama yapılacaktır. Böylece yapılacak olan raylı sistem projelerinde öncelik belirlenerek hem maddi yarar sağlanacak hem de ihtiyaçlar doğrultusunda en iyi alternatifler belirlenerek karar verilmesine yardımcı olunacaktır.

1.4. Akış Planı

Giriş bölümünde projenin tanımı yapılarak, bu projede uygulanacak yöntemler projenin amacına uygun bir şekilde belirlenmiştir. İkinci bölüm olan kaynak araştırması kısmında, ÇKKV teknikleri araştırılıp kullanım alanları, yapılan çalışmalar ve amaçlarından kısaca bahsedilecektir. Ayrıca raylı sistemlerin mevcut ve gelecekteki durumu, dünyanın en önemli şehirlerindeki mevcut raylı sistemler ve bu konular ile ilgili yapılan çalışmalar araştırılacaktır. Üçüncü bölümde kullanılacak olan Bulanık AHS ve PROMETHEE yöntemlerin nasıl uygulandığı açıklanacak, diğer bölümde ise bu yöntemin çalışmaya uyarlanması yapılacaktır. Sonuç bölümünde iste yapılan uygulama ile bulunan sonuçlar değerlendirilip İUAP kapsamında yapılan değerlendirmeler ile karşılaştırılacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın ikinci bölümünde, detaylı şekilde yapılan kaynak araştırması özetlenmiştir. Bu bölümde ise dört alt başlıkta araştırma yapılacaktır. Birinci kısımda karar ve karar verme konuları işlenecektir. İkinci bölümde ise ÇKKV ve yöntemleri araştırılacaktır. Üçüncü kısımda ise raylı sistemler, İstanbul’ da, geçmişten günümüze ve gelecekte planlanan haliyle rayli sistemler ve dünyanın büyük şehirleri ile kıyaslamaları yapılacaktır. Dördüncü bölümde ise ÇKKV yöntemleriyle, raylı sistemler ile yapılan çalışmalardan bahsedilecektir.

2.1. Karar ve Karar Verme

Literatürde yer alan bir çok çalışmada “karar” tanımları farklı biçimlerde ele alınmıştır. Bu tanımlardan bazılarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Karar, bireyin karşı karşıya kaldığı seçenekler arasından yaptığı seçimleri ifade eden genel bir kanıdır (Keskin, 2014).
- Karar, bir kavram olarak işletme yönetiminin içinde seçim anlamına gelmektedir (Şahin, 2014).
- Karar, insanın tepki bekleyen bir olay karşısında verdiği uygun harekettir (Cengiz, 2012).

Karar verme, bir kişinin karşılaştığı bir problem ya da sonradan sıkıntı yaratabilecek bir olay karşısında, çözüm seçeneklerinin birini ya da birkaçını seçmesi veya değişik çözüm seçenekleri ortaya koyması süreci olarak ifade edilmektedir (Şahin, 2014).

Yaşamımızda sürekli karşı karşıya kaldığımız bir kavram olan karar verme, elde bulunan bütün alternatifler içinden amaç ve/veya amaçlara uygun olarak bir ya da birden fazla alternatifin seçilmesi sürecidir. Verilecek karar, alternatiflerin seçilmesi, sınıflandırılması ya da sıralanması yoluyla belirlenebilir (Keskin, 2014).

Karar verme, amaç ve hedefleri gerçekleştirmek için mevcut seçeneklerden bir tanesini ya da daha fazlasını seçme işlemidir (Cengiz, 2012). Karar verme planlama aşamasının mühim bir unsurudur. Fakat farklı seçenekler içinden en iyisini ortaya koymak da bir karar verme işlemidir. Birbirinden farklı bu seçenekleri değerlendirebilmek için sahip olduğumuz tüm

bilgi ve birikimler, karar verme sürecinde bize herhangi bir sorun oluşturmaz. Fakat karar verme sürecini etkileyen birçok etken bulunmaktadır ve bu etkenler hakkında her zaman tam bilgi sahibi olamayız. Karar vermek takip edilen süreci en ölçülü şekilde belirlemektir. Asla gelecek ile ilgili kusursuz ve tam bir bilgiye sahip olamayacağımız için mümkün olan terimini kullanmaktayız. Ayrıca buna kısıtlı rasyonellik de denir. Kısıtlı rasyonellik mevcut bilgilerle en doğru kararı verebilmektir (Uzun, 2015).

Karar verme faaliyetinin temel özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Keskin, 2014);

- Karar verme işlemi öngörüye dayanmaktadır, bu sebeple geleceğe yöneliktir.
- Karar verme maddi ve manevi zorluklar taşır.
- Karar süreci etkinlik ve rasyonalizme dayanır.
- Karar bir tür tasarıdır ve ileri görüşlülüğe dayanır.
- Karar verme belli bir ifade özgürlüğü ve hakimiyeti gerektirir.
- Karar verme bir problem çözme sürecidir.
- Kararın verilmesi ve uygulamaya konması belli bir zaman dilimi gerektirir.

2.1.1. Karar Bileşenleri

Karar verme bileşenleri aşağıdaki gibi belirtebiliriz (Uzun, 2015);

- Alternatifler: Karar verme problemiyle ilgili aksiyon, işleyiş veya objelerin tamamıdır. Sayıları en az iki veya daha fazla olan alternatifler karar verici tarafından amaç ve kriterler belirlendikten sonra ele alınır. Karar sürecinde iyiden kötüye doğru araştırılır, değerlendirilir ve en iyi alternatif çözüm belli teknikler doğrultusunda belirlenir.
- Kriterler: En iyi alternatifi seçebilmek için incelenen ilkeler, nitelikler veya araçlardır.
- Karar vericiler: Karar problemini tanımlanan amaçlar, ölçütler ve hedefler ışığında sona erdirmeye çalışan ve bu sonuçların sorumluluğunu da alan kişi veya gruptur.
- Amaçlar: Karar vericinin varmaya çalıştığı en iyi sonuçtur. Yani

karar vericinin talepleri doğrultusunda asgarileştirmek veya azamileştirmek istenen özelliklerdir.

- Ölçüt: Hedefe yaklaştığı mesafede hakkında yol gösteren ölçülerdir. Karar vericinin değer yargılarına göre ölçülebilir olduğundan nesnel veya öznel olabilir.
- Ağırlıklar: Karar vericinin hedefe ulaşmasında önüne çıkan zorluklardır.
- Karar verme süreci: Hedefler doğrultusunda incelenen ölçütlere göre en iyi alternatifi seçme sürecidir.
- Karar verme yöntemi: Karar verme sürecinin ilerleyişini sağlayan, bu sürecin içine gireceği tekniğin ayrıntılarını ele alan bir bütündür.

2.1.2. Karar Verme Süreci

Karar verme süreci, karar probleminin tanımlanmasından, problemin çözümüne kadar oluşan süreçtir (Cengiz, 2012). Karar verme süreci, karar vericinin içersinde bulunduğu sistemin ilerleyişini değiştirmeye gerek duyulduğunda başlar. Sonrasında mevcut durum tespit edilir, genel istek ve hedefler belirlenir. Daha sonra problemin formülasyon aşaması başlar (Karaca, 2011).

Etkin bir karar verme süreci aşağıdaki şekilde gerçekleştirir (Keskin, 2014):

- Tüm dikkati önemli olana verir.
- Akılcı ve tutarlıdır.
- Hem objektif hem sübjektif etkenleri kabul eder.
- Yalnızca belirli bir problemi yeniden çözmek için ihtiyaç olan bilgilere gerek duyar.
- Gerekli bilgi ve birikimlerin toplanmasına teşvik eder ve yönlendirir.
- Doğru, güvenilir, kolay kullanıma sahip ve esnekler.

Karar verme sürecinin genel olarak aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (Şahin, 2014):

1. Problemin Tanımlanması:

Bir karar verme fonksiyonunun başarısı ilk olarak problemin

tanımlanması ve anlaşılmasına dayanır. Böylece karar veren kişi problemin boyutlarını ve mevcut probleminin çözülmemesi durumunda organizasyonun karşılayacağı sorunları ortaya çıkarabilir. Bu aşamada karar veren kişi problemin sebeplerini nesnel olarak ortaya çıkarmalı, problemin sürdürülmesi durumunda organizasyon için hangi faaliyetlerin ve karar vericilerin nasıl etkileneceğini belirlemeli ve problemin boyutlarının sınırını çizmeye çalışmalıdır. Ayrıca bu durum organizasyonun nihai amaçlarının nasıl etkileneceğinin ve organizasyon içi iletişim sisteminin nasıl kilitleneceğinin farkedilebilmesi için mecburi olarak da görülebilir.

2. Probleme İlişkin Bilgi Toplanması:

Bir problemin meydana gelen ana sebeplerinden biri yeni bir durumun oluşmasıdır. Yeni bir durum ise doğal olarak karar veren kişi için yeni bilgileri gerektirecektir. Doğru ve ihtiyaç duyulan bilgiye ulaşmak zor ve karar veren kişi için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Çünkü ihtiyaç fazlası bilgi, sorunu daha da karmaşıktırmaktan belki de yeni problemlerin meydana gelmesinden başka bir işe yaramayacaktır. Bu sebeple ilk olarak, problemin nitelikleri ve farklı yönleri araştırılmalı ve gerekli bilgi toplanmalıdır.

3. Bilgilerin Sınıflanması, Çözümlemesi ve Yorumu:

Bilgilerin toplanması ve sınıflanması kesinlikle bilimsel bir temele dayandırılmalıdır. Bu süreç zarfında hangi tekniğin kullanılacağı önem taşımaktadır. Sınıflandırılmış bilgi aynı zamanda karar verme sürecinde ne zaman ve nasıl kullanılacağı sorularına da cevap olacaktır. Böylece gereksiz tekrarların önüne geçilecektir. Aynı zamanda toplanan ve sınıflanan bilgilerin yorumlanması gerekmektedir. Toplanan bilgi genelde sade bilgidir ya da başka bir karar veren kişi açısından kendi karar ortamı için geliştirilmiştir. Bu sebeple bilgi aynı zamanda karar veren kişinin kendi problemine uygun olarak tekrar değerlendirilmelidir.

4. Alternatiflerin Ortaya Konması:

Her probleme ilişkin birden fazla çözüm yolu ortaya konabilir. Bu çözüm yollarından her biri kendine özgü değerlendirme etkenlerine sahiptir. Bu sebeple mümkün olduğunca çok alternatif ortaya koymak karar veren kişi açısından farklı bakış açılarını da oluşturacaktır. Alternatifleri ortaya koyarken karar veren kişiler bazen zorluk yaşayabilirler. Bunun sebepleri;

- Problem için yeterli bilgilerin elde edilememesi
- Problemin yeterince analiz edilememesi,
- Probleme ilişkin kalıplaşmış çözümler aranması,
- Mantıklı çözümler yerine duygusal davranılması olarak özetlenebilir.

Her probleme ilişkin mutlaka fazla sayıda çözüm yolu vardır. Eğer bir karar veren kişi alternatif ortaya koyamıyorsa ya problem yeterince araştırılmamıştır ya da karar veren kişi yeteri kadar bilgi ve birikime sahip değildir.

5. En Uygun Alternatifin Belirlenmesi:

Öncelikle alternatiflerin her biri kendi şartlarında ve doğru değerlendirme etkenleri kullanarak araştırılmalıdır. Örnek olarak alternatiflerden biri maliyet açısından diğerlerine göre avantaj sağlıyorken farklı bir alternatif zaman gereksinimi açısından daha avantajlı olabilir. Bu sebeple uygun alternatifin belirlenmesinde karar veren kişi çok yönlü düşünmeli ve tüm değerlendirme etkenlerini aynı anda incelemelidir. Alternatifler arasından ise, en güvenilir, en kolay, en az maliyetli ve en kısa sürede sonuç verecek olanı seçilmelidir.

6. Alternatifi Karar Haline Getirmek ve Uygulamak:

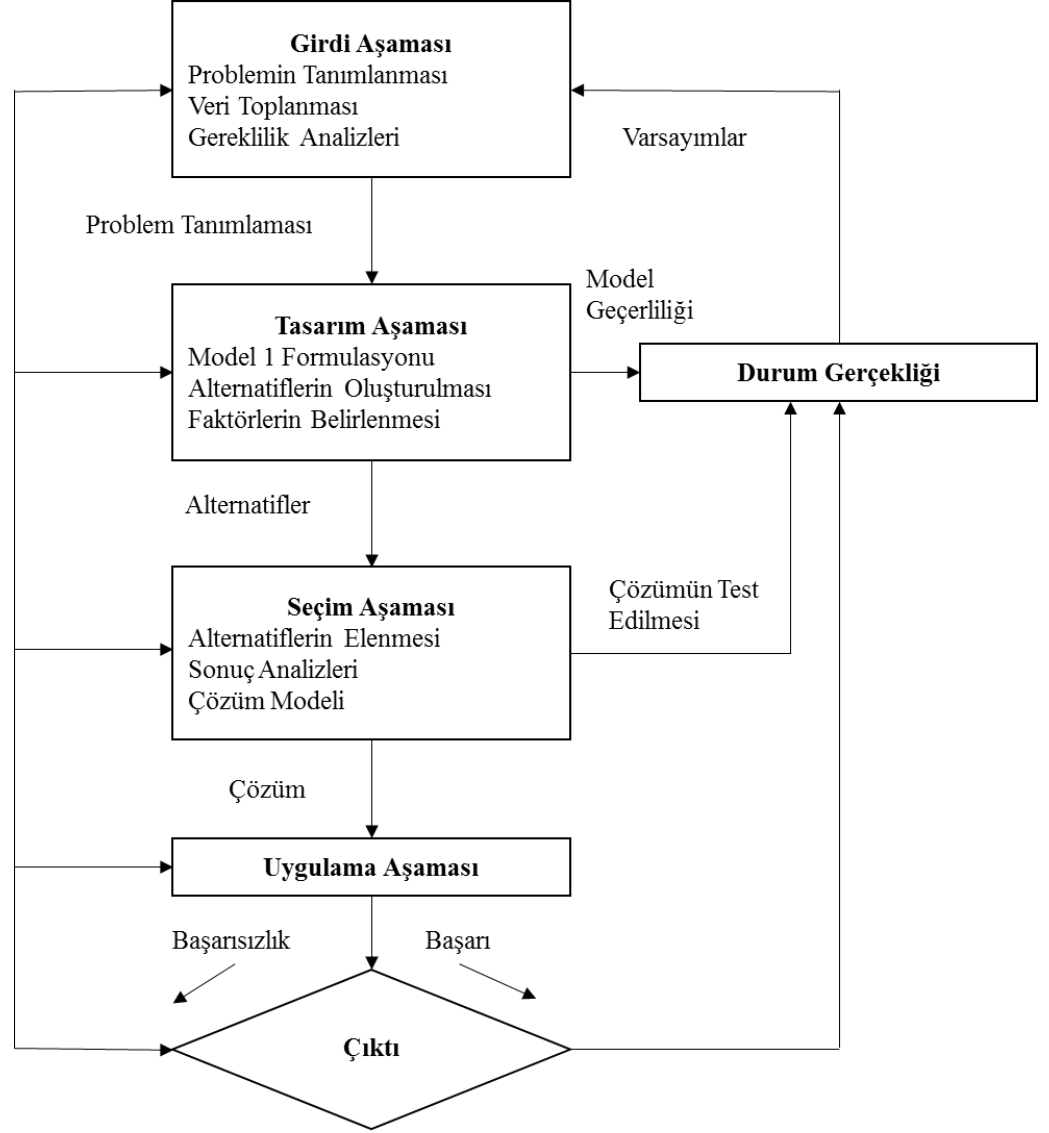
Çözüm alternatifleri arasında en uygun olan belirlendikten sonra, alternatif karar haline getirilmelidir. Burada karar haline getirmekle ifade edilmek istenen, uygulamanın ne zaman, kimler tarafından, nasıl bir iş bölümüyle ve hangi süre zarfında hayata geçirileceğinin belirlenmesidir. Bu belirlemeler tamamlandıktan sonra karar uygulamaya konur. Yalnız uygulama öncesi özellikle sorumluluk alanlarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Eğer bu belirlemeler doğru yapılmaz ise uygulamada tekrarlar, hatalar, yanlış ya da eksik anlamlar meydana gelebilecektir.

7. Değerlendirme:

Değerlendirmenin amacı, uygulamanın başarılı, objektif ve sağlam olmasını sağlamaktır. Uygulamada, geleceğe ilişkin belirsizlik ve riskler karar alanlarında doğal olarak bazı hataların meydana gelmesine sebep olacaktır. Bu hataları zamanında teşhis etmek ve gerekli çözüm önlemleri almak karar veren kişi açısından verilen kararın başarı şansını da arttıracak ve ona bir sonraki

karar süreci için önemli bir bilgi birikimi ve tecrübe sağlayacaktır. Uygulamanın geliştirilmesinin başarılı olabilmesi, değerlendirmenin güvenilir, geçerli ve yeterli olmasına bağlıdır.

Karar verme süreci Şekil 2-1' de verilmiştir (Keskin, 2014)



Kaynak: (Keskin, 2014)

Şekil 2-1 Karar Verme Süreci

2.1.3. Karar Verme Türleri

Karar verme durumlarını belirlilik halinde karar verme, risk halinde karar verme ve belirsizli halinde karar verme şeklinde üç ana başlık altında sınıflandırabiliriz.

1. Belirlilik Halinde Karar Verme:

Bir karar probleminde kararı etkileyen öğelerden oluşan karar matrisi

elemanlarının sadece tek bir eylem ve alternatifine karşılık gelen belli değerleri aldığı problemlerde uygulanabilen tekniktir. Bu tip problemlerde her alternatifine ait tam bilgi bulunmaktadır (Uzun, 2015).

2. Risk Halinde Karar Verme:

Alınacak belirli bir karar için fazla sayıda şartlar mevcuttur. Stratejilerin şartlara bağlı olarak sağlayacağı sonuçlar belirli bir olasılık sınırları içinde meydana gelir. Karar veren kişi, genellikle durumların gerçekleşmeleri konusunda kesin bilgiye sahip değildir. Durumların gerçekleşme olasılıklarının kesin olarak bilinmemesi, risk halinde bulunulduğunu gösterir (Keskin, 2014).

3. Belirsizlik Halinde Karar Verme:

Karar verme probleminde amaç bellidir ancak seçenekler ve seçeneklerin faydaları hakkında bilgi bulunmamaktadır. Bu gibi durumlarda karar veren kişiler matematiksel olasılıkları bilmemekte fakat kişisel öneriler ile bulunabilmektedir (Cengiz, 2012). Böyle bir durumda karar vermek için “İyimserlik (Maksimaks)”, “Kötümserlik (Minimaks)”, “Eş olasılık (Laplace)”, “Pişmanlık” ve “Hurwicz” seçeneklerinden birine göre karar verebilir (Uzun, 2015).

2.2. Çok Kriterli Karar Verme

ÇKKV yöntemleri, 1960' lı yıllarda, çok seçenek olduğu durumda karar verme, karar alma işlemlerini basitleştirecek bir takım tekniklerin ihtiyaç duyulmasıyla geliştirilmeye başlanmıştır. İlk olarak yöneylem araştırmalarında ve karar teorilerinde kullanılmış daha sonra mali ve iktisadi konularda da bu teknikler kullanılmaya başlanmıştır (Cengiz, 2012).

ÇKKV; Belli bir sayıda alternatifin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme, kıyaslanma veya elenme gayesiyle genel olarak ağırlıklandırılmış, birbirleri ile uyuşmayan ve farklı ölçü birimlerine sahip, hatta bazı kriterlerin ölçülemez, sayılamaz değerleri olan, birden fazla kriter kullanarak değerlendirilmesi durumudur (Ünver, 2013).

2.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Bir probleme ÇKKV yöntemlerinin uygulanabilmesi için en az iki tane kriter ve en az iki tane alternatif çözüm olması gerekmektedir.

Kaynaklarda kendine ait özellikleri olan birçok ÇKKV yöntemleri

bulunmaktadır. Bu yöntemleri genel olarak ÇAKV (Çok Amaçlı Karar Verme) ve ÇNKV (Çok Nitelikli Karar Verme) şeklinde sınıflandırabiliriz.

- Çok Amaçlı Karar Verme: Alternatiflerin bir matematiksel programlama yapısı aracılığıyla dolaylı bir şekilde tanımlandığı kesintisiz bir durumda karar verme işlemidir. ÇAKV sorunlarında alternatiflerin sayısı önceden bilinmemektedir. Bu tarz durumlarda amaç en iyi alternatifi belirlemektir. Bu problemin biçimi tamamen zihinde tasarlayarak oluşturulmaktadır. (Cengiz, 2012).
- Çok Nitelikli Karar Verme: Seçeneklerin belirli bir sayıda olduğu ve net bir şekilde tanımlandığı kesikli durumda karar verme işlemidir. ÇNKV sorunlarında seçenekler önceden belirlenen sayıdadır ve bu seçeneklere bağlı ulaşılabilecek başarı seviyeleri bilinmektedir. Bu problemin biçimi zihinde tasarlamaktan ziyade bir seçim problemi olmasıdır (Cengiz, 2012).

Bu çalışmamızda kullanacağımız Bulanık AHS ve PROMETHEE yöntemleri ÇNKV yöntemlerine örnektir.

2.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Özellikleri

ÇKKV yöntemlerinin genel özellikleri aşağıdaki gibi ifade edebiliriz (Keskin, 2014).

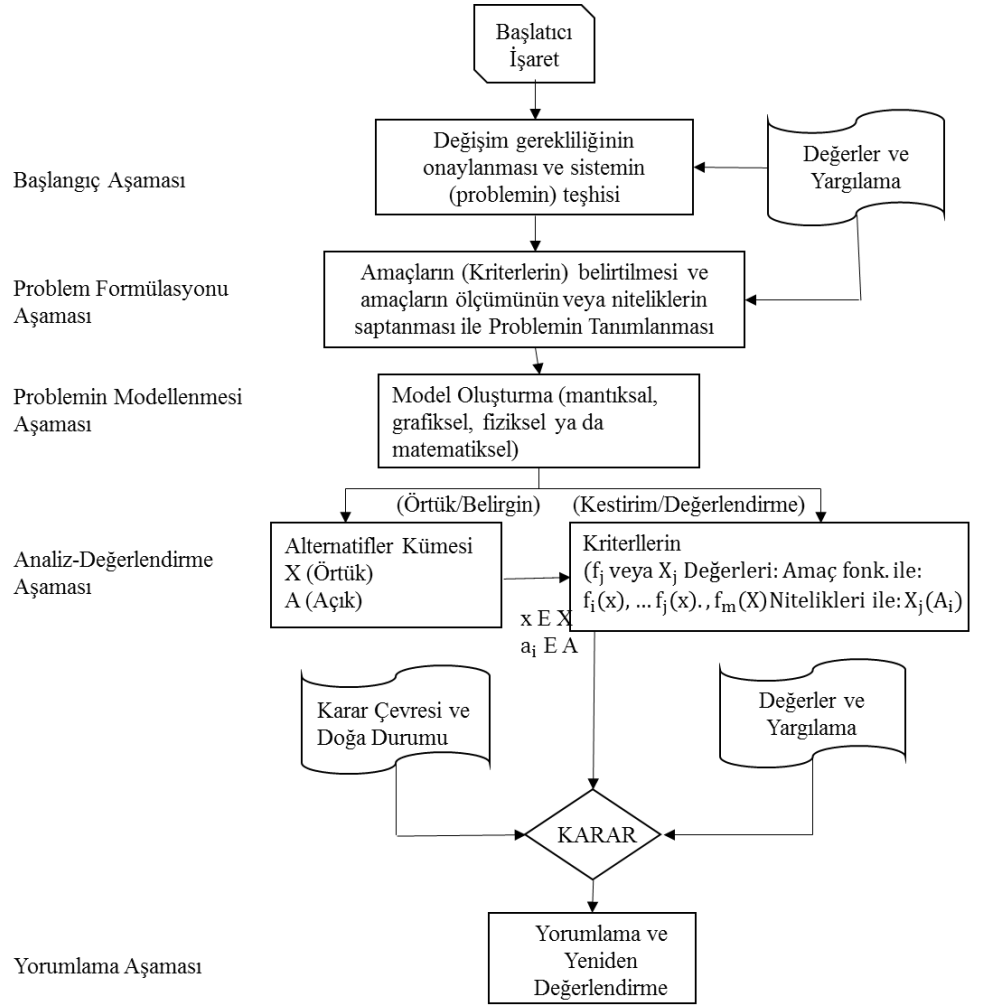
- ÇKKV yöntemleri genel olarak hiyerarşik bir modele sahiptir.
- Kriterler arasında karmaşıklık vardır.
- Geniş bir ölçeklendirme bulunmaktadır.
- Yapılan değerlendirme kesin bir çözüme sahip değildir.
- Birbirinden farklı nitelikli şeylerden oluşurlar.
- Belirsizlik hakimdir.

2.2.3. Çok Kriterli Karar Verme Süreci ve Aşamaları

ÇKKV süreci, sorun çözmenin aşağıdaki gibi gösterilen ve beş aşamadan meydana gelen hiyerarşik yapısını tanımlar (Ünver, 2013).

- Başlangıç aşaması,
- Problemi formülasyonu aşaması,
- Problemin modellenmesi aşaması,

- Analiz ve değerlendirme aşaması,
- Yorumlama aşaması



Kaynak: (Ünver, 2013)

Şekil 2-2 Çok Kriterli Karar Verme Süreci ve Aşamaları

2.2.4. ÇKKV Yöntemlerinin Avantajları ve Dezavantajları

ÇKKV yöntemlerinin birçok konuda avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Avantajları ve dezavantajlarını aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

Avantajları;

- Birden fazla ve birbiriyle örtüşen ölçütlerin olduğu durumlarda karar verme süreci için ortak bir alan oluşturur.
- Çok büyük seviyelerdeki veri setlerinin araştırılması yapılabilir. Kriterlerin nitel ve nicel olması değerlendirmeye engel değildir. Her iki şekilde de değerlendirme yapılabilir.

- Karar verme sürecini planlı bir şekilde sürdürür. Karmaşık problemlerin algılanmasını ve çözülmesini basitleştirir. Kullanımı kolay hale getirir (Cengiz, 2012).

Dezavantajları;

- Seçenekler içinde kıyaslama problemi olabilir. Bir seçenek bir ölçüte göre diğer seçenekten üstünken başka bir ölçüte göre tam zıt bir durum söz konusu olduğu zaman hangi seçeneğin daha iyi olduğunu belirlenebilmesi için daha fazla bilgi birikimi gerekmektedir. Bilgi, karar veren kişinin tercihlerine bağlı olmasından ötürü bu tercihleri gösteren başka bir modellemeye gerek duyulur.
- Çoğu karar verme işlemlerinde bir seçeneğin tüm ölçütlere göre diğer seçeneklerden daha üstün olduğu bir durum ile karşılaşılmaz. Bu sebeple problemler matematiksel olarak çok açık bir şekilde tanımlanamaz. Açık bir şekilde tanımlanamadığı için, yalnızca uzlaşık çözümler bulunur. En iyi uzlaşık çözümler subjektiftir, karar veren kişiye bağlıdır (Cengiz, 2012).

2.2.5. Probleme Uygun ÇKKV Metodunun Seçimi

Karar verme problemlerinin hiyerarşik yapısına uygun ÇKKV yönteminin belirlenmesinde aşağıdaki durumlar göz önünde bulundurulur (Karaca, 2011).

1. ÇKKV yöntemlerinin ihtiyaç duyulan listesine bağlı olarak gerçekleştirmek mecburiyetinde olduğu istenen hedefler ve amaçlar belirlenir.
2. Hedef ve amacın gerçekleştirilebilmesine ait yöntem seçenekleri amaçlarla ilişkilendiren değerlendirme ölçütleri seçilir.
3. ÇKKV problemi için hiyerarşik yapı oluşturulur ve amacına uygun olan ÇKKV yöntemleri tespit edilir.
4. Meydana gelen değerlendirme ölçütlerine ait yöntemlerin performans seviyesi ve yöntemin avantajları belirlenir.
5. Alternatif yöntemlerin elemanlarından avantajlı olan bir karar matrisi oluşturulur.
6. Farklı ÇKKV yöntemlerinin faydaları ve elde edilebilecek avantajlar analiz edilir ve bu yöntemler için en ideal ÇKKV yöntemini tercih

edilir.

7. Tercih edilen yöntemin uygulaması yapılır.
8. Yöntemin asıl amacının bir gösterimi olduğu ve ihtiyaçları karşıladığı tespit edilir.
9. Karar veren kişilerin hepsi alınan kararı belirler ve bu kararın karar verme sürecine katılan tüm karar veren kişilerin sorumluluğunda olduğu bildirilir.

2.2.6. ÇKKV Problemlerinde Kullanılan Yöntemler

Birden fazla ölçüt ve alternatifin olduğu her alana uygulanabilecek olan ÇKKV yöntemlerinin birçok metodu bulunmaktadır. Her metodun kendine özgü özellikleri ve uygulaması bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en sık kullanılanlarını aşağıdaki gibi belirtebiliriz.

1. AHS
2. Bulanık AHS
3. PROMETHEE
4. VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
5. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant La Realite)
6. TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

2.2.6.1. AHS

İlk kez 1968 senesinde Myers ve Alpert bilim adamları tarafından önerilen ve 1970' li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından bir yapı olarak geliştirilen AHS tekniği ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılan bir yöntemdir (Bal, 2014). İlk defa 1971 senesinde ABD Savunma Bakanlığı' nda olasılık problemlerinde kullanılmıştır. 1973 senesinde Sudan ülkesinde ulaşım sistemleri projesinde kullanılmasıyla günümüzdeki halini almıştır (Şengül, Eren, & Shiraz, 2012).

AHS yöntemi, birden fazla seçenek arasından seçim ya da sıralama yaparken, birden fazla karar veren kişinin değerlendirme yapabildiği, çok ölçütlü, çok amaçlı, belirlilik ya da belirsizlik halinde karar vermede problemlerinde uygulanır (Göksu & Güngör, 2008).

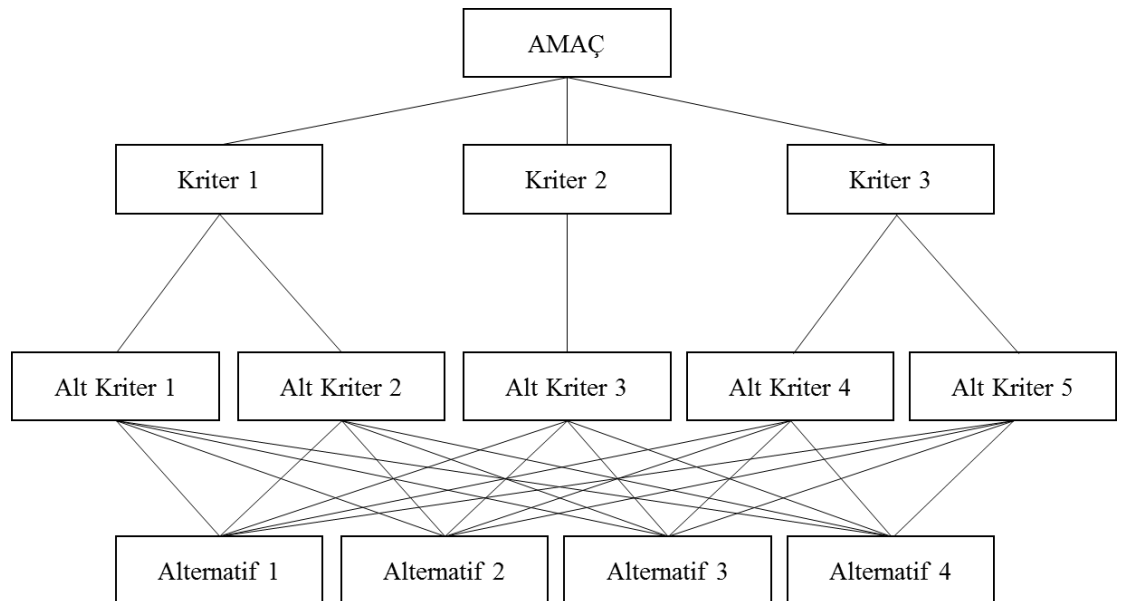
AHS yöntemi, karar veren kişinin karmaşık bir durum alan sorunları, sorunların ana hedefi, ölçütleri, alt ölçütleri ve seçenekleri arasındaki

bağlantıları gösteren hiyerarşik bir yapıda modellenmesine imkan verir. AHS metodunun en belirgin özelliği, karar veren kişinin nesnel ve öznel düşüncelerini karar verme sürecine ekleyebilmesidir (Şimşek, 2011). AHS yöntemi kişinin benliğinde var olan ikili kıyaslamalara dayanmaktadır. Bu ikili kıyaslamalar ile alternatiflerin ve ölçütlerin birbirlerine göre ne derece önemli, ne kadar tercih edilebilir veya ne kadar baskın olduğunun değerlendirilmesi yapılmaktadır (Önel, 2014).

Bir karar verme probleminin AHS yöntemi ile çözüme kavuşturulabilmesi için yapılması gereken işlemler aşağıdaki gibi adım adım sıralanmıştır (Özbıyık, 2010).

- Adım 1: Karar vermek probleminin tanımını yapılır.
- Adım 2: Kriterler arası karşılaştırma matrisleri oluşturulur.
- Adım 3: Kriterler için normalizasyon işlemi yapılır. Yani önem düzeyleri tespit edilir.
- Adım 4: Kriter karşılaştırmalarındaki tutarlılık oranı hesaplanır.
- Adım 5: Tüm kriterler için, karar noktasındaki normalizasyon işlemi yapılır. Yani yüzde önem düzeyleri hesaplanır.
- Adım 6: Karar noktalarındaki sonuç dağılımını bulunur.

AHS, sorunun karar vermeye dayalı olarak detaylı bir şekilde bölümlere ayrıştırılması ile oluşturulan bu model sayesinde oldukça aktif bir şekilde kullanılır (Şimşek, 2011). AHS yönteminin hiyerarşik yapısı Şekil 2-3' de gösterilmiştir.



Kaynak: (Bal, 2014)

Şekil 2-3 AHS Hiyerarşik Yapısı

ÇKKV yöntemlerinde yaşanan problemlerden en önemlisi, değerlendirilen alternatifler için çok fazla sayıda kriteri ele alarak farklı tercih puanları, önem düzeyleri ve ağırlıkların en uygun şekilde tasarlanmasıdır. AHS yöntemi, hiyerarşik modeline bağlı kalarak, farklı bölümler için unsurların kendi içlerindeki göreceli üstünlüklerini belirleyerek, ÇKKV yöntemleri için geçerli bu ana probleme oldukça aktif bir çözüm önerisi getirmiştir. Amaç, kriter ve alt kriterler tespit edildikten sonra, kriter ve buna bağlı alt kriterlerin kendi içlerindeki önem seviyelerinin belirlenebilmesi için ikili kıyaslama matrisleri oluşturulur. Karar veren kişi, bir değerlendirmedeki unsurların, hiyerarşik yapıda hemen bir üst seviyede bulunan unsurlar açısından göreceli önem seviyelerini belirleyecek biçimde Tablo 2-1’ de görülen değerler ve açıklamalara dayalı bir puanlama sistemini uygular ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturur.

Tablo 2-1 AHS Değerlendirme Ölçeği

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faaliyet de amaca eşit katkıda bulunur.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir.
5	Güçlü Derecede Önemde	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok Güçlü Derecede Önemde	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır.
9	Son Derece Önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerlerdir.

Kaynak: (Şimşek, 2011)

Kullanılan hiçbir yöntem hatasız değildir. Her yöntemin bazı avantaj ya da dezavantajları olması kaçınılmazdır. Önemli olan sağladığı faydanın daha çok olmasıdır. AHS yönteminin avantajları ve dezavantajlarını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz (Önel, 2014).

AHS yönteminin avantajları;

1. Çok karmaşık ÇKKV problemleri bile kolaylaştıran bir modele sahip olması,
2. AHS yönteminin uygulamasının basit olması,
3. Bir ÇKKV probleminde hem nesnel hem de öznel, ayrıca hem nicel hem de nitel veriler kullanılarak karar verilebilmesi,
4. AHS yönteminin grup olarak verilecek kararlarda uygulanabilir olmasıdır.

AHS yönteminin dezavantajları;

1. AHS yönteminde probleme ek olarak bir alternatif eklemek istendiğinde ya da bir alternatif eksiltmek istendiğinde sıranın değişmesidir. Yani AHS yönteminde duyarlılık analizi çalışmaları faydalı olmamaktadır.
2. Kesin sonuç elde edilememesinin sebebi öznel verileri de kullanarak karar verilmesidir.
3. Hiyerarşik yapıdaki alternatif veya kriter sayısı arttığı zaman yapılacak işlemler de karmaşık hale gelecek ve bu da problemin çözümünü zorlaştıracaktır. Fakat bu işlem yükü günümüzde bilgisayar programları aracılığıyla bu hantallığı ortadan kaldırmaktadır.

2.2.6.2. Bulanık AHS

Bulanık AHS yöntemi, ÇKKV süreçlerinde, özellikle seçim kriterlerinin ve alternatiflerin karşılaştırılma sürecinin bulanık doğasından dolayı, karar veren kişiler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Çünkü karar verici, ikili karşılaştırmalarını, kesin tanımla ile yapmak yerine, belli bir aralık içerisinde yerleştirmeyi tercih etmektedir (Yılmaz E. , 2012).

AHS yöntemi hem öznel hem de nesnel değerlendirme kriterlerini ele alabilen ve sıklıkla kullanılan bir ÇKKV yöntemlerinden biridir. Uygulanabilirliğinin çok kolay olması ve basit cebir hesaplamaları içermesinden ötürü, AHS oldukça yaygınlaşmış ve gerçek hayatta bir çok alanda uygulanmıştır (Meydan, 2011). Günlük hayatımızda, bu kadar çok etkin ve yaygın bir biçimde kullanılmasına rağmen, AHS metodu, ikili kıyaslamalar işlemleri sırasında kesin sayıların kullanılması bakımından eleştirilere maruz kalmıştır. Özellikle ölçülemeyen kriterlerin kıyaslanmasında kesin sayıların

kullanılması karar veren kişi açısından büyük bir zorluktur (Dağdeviren, 2007). Bu zorluk ilk olarak 1982 yılında Van Laahoven ve Pedrycz tarafından, üçgensel bulanık ağırlıkları, üçgensel bir bulanık kıyaslama matrisinden elde etmek için bulanık logaritmik en küçük kareler yöntemini öneren çalışma yapılmıştır (Önel, 2014).

Literatürden çeşitli yazarlar tarafından farklı şekillerde hazırlanan Bulanık AHS yöntemi bulunmaktadır. 1985 yılında Buckley, kıyaslama oranlarının, bulanık önceliklerini trapezoidal üyelik fonksiyonu ile belirlemiştir (Buckley, 1985). İkili kıyaslamalarda en sık kullanılan ve genişletilmiş analiz yöntemini 1996 senesinde Chang önermiştir. Bu yöntemle göre her bir değerlendirme kriteri ele alınarak her bir alternatif için sırayla analize tabi tutularak her bir kriter için genişletilmiş analiz değeri elde edilmektedir (Chang, 1996).

Farklı şekillerde uygulanan bu yöntemler, alternatif seçiminde ve sorunları doğrulamada hiyerarşik yapı analizler ve bulanık grup teorisi yaklaşımını kullanan sistemsel tekniklerdir. Karar vericiler genellikle, aralık hükmünü esas almanın, sabit değer hükümlerine göre daha kesin ve güvenilir sonuçlar ürettiğini tespit etmişlerdir. Çünkü eşleştirme sürecinin bulanık yapısından dolayı genellikle seçeneklerin açığa kavuşmasında zorluklar yaşanmaktadır (Yalçın, 2007).

2.2.6.2.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, Azeri kökenli bilim adamı Lotfi A. Zadeh' in 1965 senesinde yayınlanan Bulanık Kümeler (Fuzzy Sets) isimli makalesi ile ilk olarak ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık, eksik bilgilere sahip iken ya da belirsizliğin var olduğu en uygun kararın tercih edilmesi durumlarında kullanılmaktadır (Zadeh, 1965). Karar verme problemlerinde belirsizlik, sözel verilerin varlığından da kaynaklanabilir ve öznel düşüncelerin bulunduğu yapılarda meydana gelebilir. Bu gibi durumlarda belirsizliklerin yok olması ya da belirsizliğin varlığını kabul edip analizinin buna uygun duruma getirilmesi daha aktif sonuçlar sağlayacaktır (Bal, 2014).

Bilimsel açıdan belirsizlik olarak tanımlanmış olan Bulanıklık ve bu belirsizlikleri tanımlamak suretiyle bulanık mantık yaklaşımı geliştirilmiştir. Klasik mantıkta ikili mantık bulunur Yani bir şey ya doğrudur ya da yanlıştır. Bulanık mantıkta ise doğru ile yanlışın arasında çok fazla seçenek vardır.

(Göksu & GÜngör, 2008). Klasik mantıkta iki seviyeli işlemler kullanılmaktadır. Bulanık mantık ise çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı, makinelere kişilerin şahsi veri setlerini işleyebilme, insanların tecrübelerinden ve önsezilerinden faydalanarak çalışabilme kabiliyeti verir. Bu kabiliyeti kazandırırken sayısal terimler yerine sözel terimler kullanılır. İşte bu sözel terimlerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır (Yalçın, 2007).

Tablo 2-2 Bulanık Mantık ile Klasik Mantık Arasındaki Temel Farklar

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A veya A Değil	A ve A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi ve Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasındaki Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Kaynak: (Önel, 2014)

Bulanık mantık yaklaşımının temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Önel, 2014):

- “az doğru”, “doğru”, “çok doğru” v.b gibi sözel terimler ile ifade edilen doğruluk seviyelerinin bulunması,
- Bulanık mantık yaklaşımında her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir seviye ile gösterilir,
- Geçerliliği kesin değil yalnız yaklaşıklık ifade eden kuralların bulunması,
- Her kavramın bir seviyeye sahip olması,
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilir olması,
- Bulanık mantık yaklaşımında bilginin, bulanık kısıtlara ait nicel değerlerin, esnekliği veya eşitliği ile yorumlanması,
- Bulanık mantık yaklaşımında matematiksel yapı çok zor elde edilen sistemler için uygulanabiliridir.

2.2.6.3. PROMETHEE

PROMETHEE yöntemi, 1982 yılında, Kanada’ da düzenlenen bir konferansta Jean-Pierre Brans tarafından tanıtılan ve kendisi ile birlikte P.H. Vincke tarafından geliştirilen çok alternatifin yer aldığı durumlarda kullanılan bir sıralama metodudur (Brans & Vincke, A Preference Ranking Organization

Method: The Promethee Method for MCDM, 1985).

Birden fazla kriterler ele alınarak bir takım alternatifin sıralanmasını sağlayan yöntem olan PROMETHEE' nin başlangıç noktası değerlendirme tablosudur. Bu tabloda seçenekler farklı ölçütlere göre değerlendirme kapsamına alınır. PROMETHEE yönteminin uygulanmasında iki çeşit bilgiye ihtiyaç duyarız (Ömürbek, Karaatlı, Eren, & Şanlı, 2014);

- Düşünülen ölçütlerin göreceli önem düzeyleri
- Her bir ölçüt üzerinden, alternatiflerin bu ölçütlere faydasının karşılaştırılması için karar veren kişinin fonksiyon tercihleri

PROMETHEE metodunun çözümümde kısmi sıralama yapan PROMETHEE I ve tam sıralama yapan PROMETHEE II yöntemleri yer almaktadır. Ayrıca PROMETHEE metodunda 6 adet kullanılabilir tercih fonksiyonları yer almaktadır (Brans & Vincke, A Preference Ranking Organization Method: The Promethee Method for MCDM, 1985).

PROMETHEE yönteminin uygulanması 7 aşamadan oluşmaktadır (Koçdağ, 2013);

- Veri Kümesinin Oluşturulması
- Tercih Fonksiyonlarının Tanımlanması
- Ortak Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi
- Her Alternatif için Tercih İndekslerinin Belirlenmesi
- Her Alternatif için Pozitif ve Negatif Üstünlüklerin Gösterilmesi
- PROMETHEE I ile Kısmi Sıralama Yapılması
- PROMETHEE II ile Karar Noktalarının Tam Olarak Sıralanması

2.2.6.4. VIKOR

VIKOR yöntemi ilk defa 1998 senesinde Opricovic tarafından ortaya atılmıştır. Opricovic ve Tzeng ikilisi tarafından yapılan çalışmada ise VIKOR tekniği özellikle ÇKKV problemlerine göre tasarlanmıştır (Yılmaz E. , 2012). Bu teknik birbiri ile zıt düşen ölçütler arasından seçeneklerin önceliklendirilmesini belirleyerek en uygun seçeneğin bulunmasını sağlar. Tekniğin özünde, seçenekler doğrultusunda ve değerlendirme ölçütleri çerçevesinde uygun çözümün bulunmasıdır. Bu uygun çözüm de ideal çözüme en yaklaşık çözüm olarak görülmektedir. VIKOR, özünde “ideal

çözümüne yakınlık” kavramıyla alınan ÇKKV sıralama indeksi olarak da bilinir. VIKOR tekniği, seçenekler içinde uzlaşık çözüm bularak birbirine zıt ölçütlerin doğrultusunda, karar veren kişinin sonuca kavuşmasına yardımcı olmaktadır (Kılıç & Çerçioğlu, 2016).

VIKOR yönteminin karakteristik özellikleri ÇKKV problemi ile aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (Karaca, 2011).

1. Çatışmanın çözümü için uzlaşma, kabul edilebilir olması gerekmektedir.
2. Karar veren kişi ideale en yakın çözümü kabul etmeye meyilli olması gerekmektedir.
3. Karar veren kişinin çıkarı ile her bir ölçüt fonksiyonu arasında doğrusal bir bağ kurulmalıdır.
4. Ölçütler aynı ölçü birimi ile ölçülemezler ve aynı anda birbirleri ile çelişiktir.
5. Seçenekler oluşturulan ölçütlerin bütününe göre değerlendirilir.
6. Karar veren kişinin tercihi ağırlık oranlarıyla ifade edilir.
7. VIKOR tekniği karar veren kişinin katılımı olmadan başlatılabilir, ancak karar veren kişi nihai çözümü kabul etmekle sorumludur ve seçimlerini bu sürece ekleyebilir.
8. Önerilen uzlaşık çözümler bir fayda oranına sahiptir.

2.2.6.5. ELECTRE

ELECTRE ilk defa Benayoun, Roy ve arkadaşları tarafından 1966 senesinde önerilmiş, daha sonra Roy, Nijkamp ve Van delf tarafından geliştirilerek günümüzdeki halini almıştır (Cengiz, 2012).

ELECTRE yönteminin çeşitli amaçlara yönelik geliştirilmiş 7 farklı çeşidi vardır. Bu amaçlar genel olarak seçenekler arasından tercih yapmak, seçenekleri sıralamak ve seçenekleri gruplandırmak şeklindedir. ELECTRE II; Seçeneklerin en iyiden en kötüye doğru sıralanmasına dayanmaktadır. ELECTRE III; Gerçek olmayan ölçütlerin ve bulanık ikili sıralama ilişkilerinin kullanılmasına dayanmaktadır. ELECTRE IV; ölçütlerin koşullu önem derecelerinin kullanmadan seçeneklerin sıralanmasına dayanmaktadır. ELECTRE IS; Veri setlerinin tam olmadığı şartlarda örneklenmesine dayanmaktadır. ELECTRE TRI; Seçeneklerin farklı varyasyonlarda

sınıflandırılması için geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu varyasyonlar referans seçenekler tarafından belirlenmektedir (Karaca, 2011).

ELECTRE tekniği, çok fazla seçeneğin bulunduğu ve az sayıda ölçütün yer aldığı ÇKKV problemlerini çözmek için uygun bir metottur. Bu yöntem, az tercih edilecek olan seçenekleri eleyerek karar veren kişiye seçenekleri incelerken daha net bir görüş kazandırır. ELECTRE tekniğini diğer ÇKKV tekniklerinden ayıran bir özellik ise bu tekniğin başında seçeneğe ait zayıf yanların aynı seçeneğe ait güçlü yanlarla telafi edilmesine olanak vermeyen bir metod olmasıdır. Ayrıca bu yöntem, X ve Y gibi iki seçenek arasında bunlardan birinin diğer seçeneğe olan üstünlüğüne dair net bir kanıtın olmaması durumunda, bu seçeneklerin benzer seçenekler olduğu yönündeki bir kanıya da izin verebilmektedir. Başka bir ifade ile iki seçenekten birinin diğer seçeneğe üstün olması için açık bir göstergelerin olması şarttır. (Cengiz, 2012).

ELECTRE tekniğinin çözüm aşamaları aşağıdaki adımlar ile gösterilebilir (Keskin, 2014):

- Adım 1: Kriterler arası karar matrisinin oluşturulması,
- Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması,
- Adım 3: Ağırlık oranlarıyla standart karar matrisinin oluşturulması,
- Adım 4: Uyum ve uyumsuzluk veri setlerinin belirlenmesi
- Adım 5: Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin oluşturulması
- Adım 6: Uyum üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrislerinin oluşturulması
- Adım 7: Toplam baskınlık matrisinin oluşturulması
- Adım 8: Karar noktalarındaki önem seviyelerinin belirlenmesi

2.2.6.6. TOPSIS

TOPSIS yöntemi Yoon ve Hwang tarafından 1981 senesinde ortaya atılmıştır. TOPSIS yöntemi belirli seçenekler arasından çözüm belirlemeye yönelik ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin en önemli ilkesi, tercih edilen seçeneğin pozitif ideal çözüme en yakın mesafede ve negatif ideal çözüme de en uzak mesafede olmasıdır. Bu yöntem kullanılarak alternatiflerin belli ölçütler ışığında ve ölçütlerin alabileceği en büyük ve en küçük değerler içerisinde ideal duruma göre kıyaslaması gerçekleştirilmektedir (Karaca, 2011). Pozitif ideal çözüm, işlenen problem ile ilgili toplam yararı en büyük değere ulaştırmaya çalışırken

diğer bir yandan toplam maliyeti en düşük değerde tutmaya çalışan çözümdür. Tersine olarak düşünürsek, negatif ideal çözüm yararı en düşük değerde tutmaya çalışırken toplam maliyeti de en büyük değere ulaştıran çözümdür (Kılıç & erioğlu, 2016).

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme ölçütünün sıradan azalan veya artan bir eğilime sahip olduğunu kabul etmektedir. Bu nedenle ideal ve negatif ideal çözümleri bulmak basittir. Bulunan bu çözümlerle seçeneklerin sıralaması yapılmaktadır (Cengiz, 2012). TOPSIS tekniği karmaşık matematiksel yapılar ve karmaşık çözüm yolları olmayan oldukça kullanımı kolay bir metottur. Basit kullanıma sahip olması ve sonuçlarının değerlendirilmesinde bir zorluk yaşanmaması sebebiyle neredeyse birçok bilim dalında TOPSIS yönteminden yararlanılmaktadır (Kılıç & erioğlu, 2016).

TOPSIS yöntemi aşağıdaki gibi çözüm adımlardan meydana gelmektedir (Keskin, 2014):

- Adım 1: Amaçların belirlenmesi ve ölçütlerin tanımlanması,
- Adım 2: Karar matrisinin oluşturulması,
- Adım 3: Normalizasyon işlemi yapılmış karar matrisinin oluşturulması,
- Adım 4: Ağırlıklı normalizasyon işlemin yapıldığı karar matrisinin oluşturulması,
- Adım 5: İdeal ve negatif ideal çözümlerin oluşturulması,
- Adım 6: Ayırım ölçülerinin bulunması,
- Adım 7: İdeal çözümüne göreli yakınlığın bulunması,
- Adım 8: Seçenekler ideal çözümlerin sıralanma işleminin yapılması,

TOPSIS tekniği ELECTRE tekniğinin temeline dayanmaktadır. Bu tekniğin önemli bir avantajı seçeneklerin her birinin kendi değerini almasıdır. Bu sebeple, seçeneklerde görülen farklılıklar ve ölçütlerin birbirinden ne derece farklı oldukları konusunda iyi bir görüş sunabilmektedir. Kullanımı kolay olması ve grafiksel görünümü olarak kolay yorumlanabilir bir yöntemdir (Cengiz, 2012).

2.3. Raylı Sistemler

Raylı Sistemler; güvenilirlik, yolcu taşıma kapasitesinin fazlalığı, konfor, hızlı ulaşım sağlaması ve en önemlisi trafik sıkıntısı yaşamadan yolculukların tamamlanması sebebiyle, günümüzde özellikle İstanbul gibi mega kentlerdeki şehir içi yolculuklarda en fazla tercih edilen taşıma sistemlerinin başında

gelmektedir.

Ulaşım probleminin çözülemediği şehirlerde, ilk aşamalarda şehir içi yolculuklar minibüsler, dolmuşlar, halk otoüsleri ile sağlanmıştır. Sanayi ve iş imkanlarının fazlalaştığı büyük şehirlerde zamanla artan nüfus yoğunluğu ile birlikte, yolculuk ve yolcu talebindeki artış yüzünden bu araçlar yolculuk talebini karşılayamayacak hale gelmiştir. Bununla birlikte karayolu kullanımı yalnız toplu taşıma ile değil özel otomobillerin kullanımının artmasıyla da trafik sıkışıklığına sebep olmuştur. Bu durumların getirmiş olduğu kazaların artışı, egzozdan çıkan dumanlardan oluşan hava kirliliği, trafikten ötürü gelen zaman kaybı gibi problemler kent içi toplu taşımada raylı sistem ihtiyacını fazlasıyla hissettirmiştir (Anlağan, 2015).

Raylı Sistemler ile diğer toplu taşıma sistemlerini yolcu kapasitesi açısından incelemek istersek (Anlağan, 2015);

- 250 yolcu taşımak için 1 tramvay dizisine ihtiyaç duyulurken, buna karşılık 3 otobüs ya da 18 minibüs ya da 125 otomobil gerekmektedir.

Raylı sistemler ile diğer toplu taşıma sistemlerini güvenilirlik açısından incelemek istersek, Uluslararası Demiryolları Birliğinin yayınlamış olduğu istatistik verilerine göre (Anlağan, 2015);

- 1 milyar yolcu-km. başına kazalarda ölen yolcu sayısı demiryolları ve hava yollarında 1 kişi, karayollarında ise 30 kişi
- Ulaştırma sistemlerinde ölüm riski 1 milyar yolcu-km. başına demiryollarında 17 iken karayollarında 140
- Ulaştırma sistemlerinde yaralanma riski 1 milyar yolcu-km. başına demiryollarında 41 iken karayollarında 8500-10000 arasındadır.

2.3.1. Raylı Sistem Türleri

Raylı sistemleri sınıflandırırken baz alınan en önemli etken sistemin yolcu kapasitesidir. Sınıflandırma yapılırken tek etken de bu değildir. Hız kapasitesi, vagon sayısı, sinyalizasyon, altyapı durumu gibi faktörlerde sınıflandırmada baz alınmaktadır.

2.3.1.1. Tramvay

Tramvaylar, mevcut şehir içi karayolları üzerine döşenen raylarda elektrik

ile çalışmakta olan, bir sürücü tarafından kontrol edilerek yol ve trafik durumuna göre kumanda edilen bir raylı sistem sınıfına dahil edilen ulaştırma aracıdır (Yıldırım, 2013).

Tramvaylar, karayolu üzerinde çalışan bir sistem olduğundan ötürü, karayolları trafik düzenine uymak zorundadır. Tramvaylar en düşük yolcu kapasiteli raylı sistem türüdür. Genelde 2 vagon dizisi ile çalışan tramvayların yolcu taşıma kapasiteleri maksimum 10.000 yolcu/saat' dir. En düşük yatırım maliyetine sahip olmakla beraber bakım ve işletmesi de en kolay raylı sistem türüdür. Ayrıca, şehir içinde enerji tasarrufu ve çevre kirlenmesi bakımından da diğer raylı sistemlere göre daha avantajlıdır (Anlağan, 2015).



Kaynak: <http://www.metro.istanbul>

Şekil 2-4 Tramvay Örneği

2.3.1.2. Hafif Raylı Sistem

Hafif Raylı Sistem LRT (Light Rail Transit) olarak da literatürde geçmektedir. LRT, ilk başlarda tramvayların bir takım fiziksel ve işletme öğelerinin geliştirilmesiyle oluşan bir sistemdir. LRT sistemleri tramvaylara göre %20 oranında işletme gideri, %10 oranında da enerji tüketimi daha fazladır (Anlağan, 2015).

LRT, genellikle 4' lü vagon seti ile hareket eden ve ortalama 30.000 yolcu/saat yolcu kapasitesine sahip ve hiçbir şekilde karayolları ile aynı düzeyde kesişmeyen raylı ulaşım sistemidir. LRT sistemleri, genellikle uzun ve dik eğimlerin olduğu güzergahlarda aktif olarak kullanılmaktadır. Bu durumlarda ısınma ve aşınmayı minimize etmek için, sistemin ağırlık-güç oranının, dik yokuşları ve eğimleri rahat bir şekilde geçebilmesi için uygun olması gerekmektedir. (Murteza, 2010).



Kaynak: <http://www.metro.istanbul>

Şekil 2-5 LRT Örneği

2.3.1.3. Metro

LRT ile ortak özellikler taşıyan metrolar, genellikle peronları daha çok ve elektrik enerjisi ile çalışan yüksek yolcu kapasiteli raylı ulaşım sistemi türlerinden biridir (Anlağan, 2015).

Metrolar ekseriyetle 6 veya 8 vagonlu settler halinde çalışmakta olup ortama 60.000 yolcu/saat yolcu kapasitesine sahip bir sistemdir (Taşkın, 2010).

Metro sistemi teknolojisi genellikle şehir merkezi bölgelerinde ulaşım ihtiyacını karşılamak için yapılmaktadır. Bu sistem hemzemin veya viyadük şeklinde yapımının fiziksel etkileri sebebiyle yer altı olarak yapılmaktadır. Bu sistem için geniş bir geçiş alanı, büyük bir istasyon tasarımı gerekmektedir olup bu da sistemin maliyetini artırmaktadır (Murteza, 2010).



Kaynak: <http://www.metro.istanbul>

Şekil 2-6 Metro Örneği

2.3.1.4. Havaray

Havaray, Monoray olarak da adlandırılmaktadır. Şehir içi raylı sistem türlerinden biri olan havaray, her iki adından da anlaşılabilceği gibi tek bir

adet ray üzerinden ya da altında asılı şekilde zeminin yükseğinden gidiş-geliş istakametinde hareket ederler (Murteza, 2010).

Havaray sistemi henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Fakat zemindeki trafiğin etkilememesi, gürültü ve hava kirliliği gibi dezavantajları bulunmaması havaray sisteminin kalitesini göstermektedir (Anlağan, 2015).



Kaynak: www.ntv.com.tr

Şekil 2-7 Havaray Örneği

2.3.1.5. Banliyö Treni

Genellikle şehir dışı yerleşim yerlerine ve şehirlerarası yolculuklarda ulaşım talebinin maksimum seviyeye ulaştığı zamanlarda kullanılan, yüksek kapasite, konfor, hız ve güvenlik konusunda oldukça avantajlı bir raylı sistem türüdür. İstasyonlar arası mesafenin uzun olması nedeniyle şehir içi ulaşımda kullanılması pek uygun değildir (Yıldırım, 2013).

Banliyö trenlerinin işletme giderlerinin ve enerji tüketiminin düşük olması, yüksek yolcu kapasitesi ve güvenilirliğinin yüksek olması bu ulaşım sisteminin en önemli avantajlarıdır. Fakat şehir merkezlerinde kullanılmaması ve yolculuk talebinin maksimum olduğu seviyelerde sıklıkla kullanılması da banliyö tren sisteminin en önemli dezavantajlarıdır (Anlağan, 2015).



Kaynak: www.tcdd.gov.tr

Şekil 2-8 Banliyö Treni Örneği

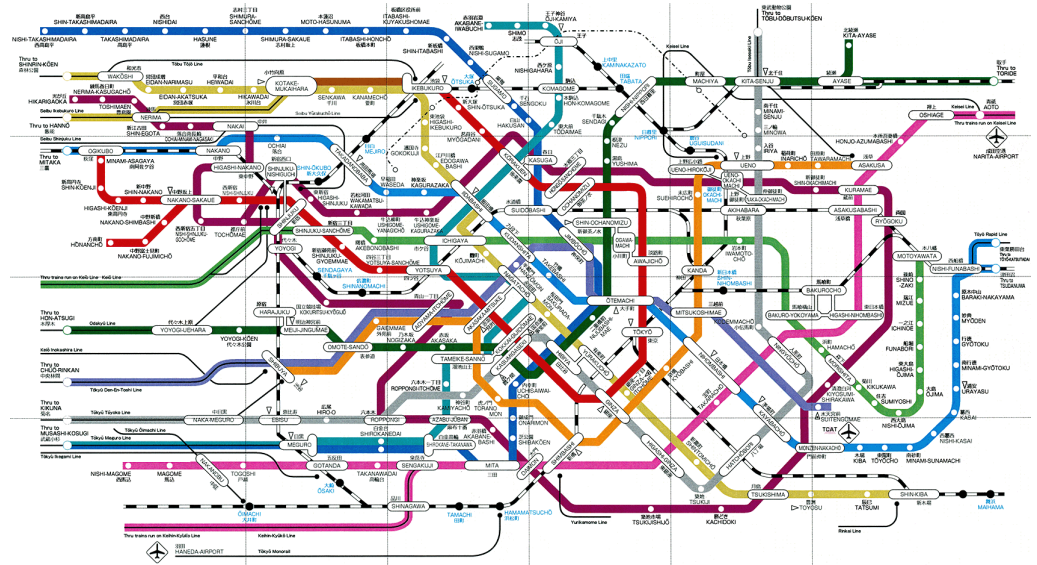
2.3.2. Dünya Şehirlerinde Raylı Sistemler

Özellikle nüfus yoğunluğu çok fazla olan metropollerde toplu taşımada birincil seçenek olan raylı sistemlerin birbirleriyle entegre olabilmesi çok önemli hale gelmiştir. Şehir içi ulaştırma sistemlerinin altyapı planlamalarında raylı sistemleri odak noktası olarak ele alırsa toplu taşımadaki entegrasyon etkili ve anlamlı bir şekilde gerçekleşmiş olur (Anlağan, 2015).

Bu bölümde dünyanın en fazla nüfusa sahip mega kentlerdeki raylı sistemleri inceleyeceğiz.

2.3.2.1. Tokyo

Tokyo, Japonya'nın ekonomik, politik ve sosyal merkezi konumunda olan ve 40 milyon kişi ile dünyanın en kalabalık nüfus yoğunluğuna sahip metropollerden biridir. Gelişmiş raylı sistem hatları bulunan Tokyo metrosu 272 km ray uzunluğuna sahip mega kentlerden biridir (Anlağan, 2015).



Kaynak: <http://forums.sherdog.com>

Şekil 2-9 Tokyo Metrosu

2.3.2.2. New York

New York kentinin nüfusu yaklaşık olarak 19 milyon kişidir. Toplam raylı sistemlerin uzunluğu 971 km' dir. Bu uzunluğun 579 km' sini banliyö treni oluştururken 392 km' sini de metro sistemi oluşturmaktadır. Metro sistemi şehir merkezi Manhattan, Bronx, Queens ve Brooklyn bölgelerinden oluşmaktadır. Ayrıca bu bölgeler ile banliyö trenleri arasında hizmet veren Long Island ve Metro-North raylı sistem hatları bulunmaktadır (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011).



Kaynak: <http://forums.sherdog.com>

Şekil 2-10 New York Metrosu

2.3.2.3. Şanghai

Şanghai, dünyanın en kalabalık nüfusuna sahip olan Çin' in en büyük şehridir. 1955' te faaliyete başlamış olan Şanghai metrosu, yeraltı metrosu ve hafif raylı sistemlerden oluşmakta olup 439 km' lik metro ağına sahip bir kenttir (Anlağan, 2015).



Kaynak: www.travelchinaguide.com

Şekil 2-11 Şanghai Metroyu

2.3.2.4. Londra

Londra şehrinin nüfusu yaklaşık olarak 10 milyon civarındadır. Şehrin tamamında bulunan raylı sistem uzunluğu 1.633 km olmaktadır. Fakat bu raylı sistemlerin 408 km' si metroyu kapsamaktadır. Raylı sistemlerde kullanılan diğer türlere ait bilgiler ise aşağıdaki gibidir (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011);

- Banliyö: 788 km
- Metro: 408 km
- Tramvay: 28 km
- Hafif Raylı Sistem: 29 km

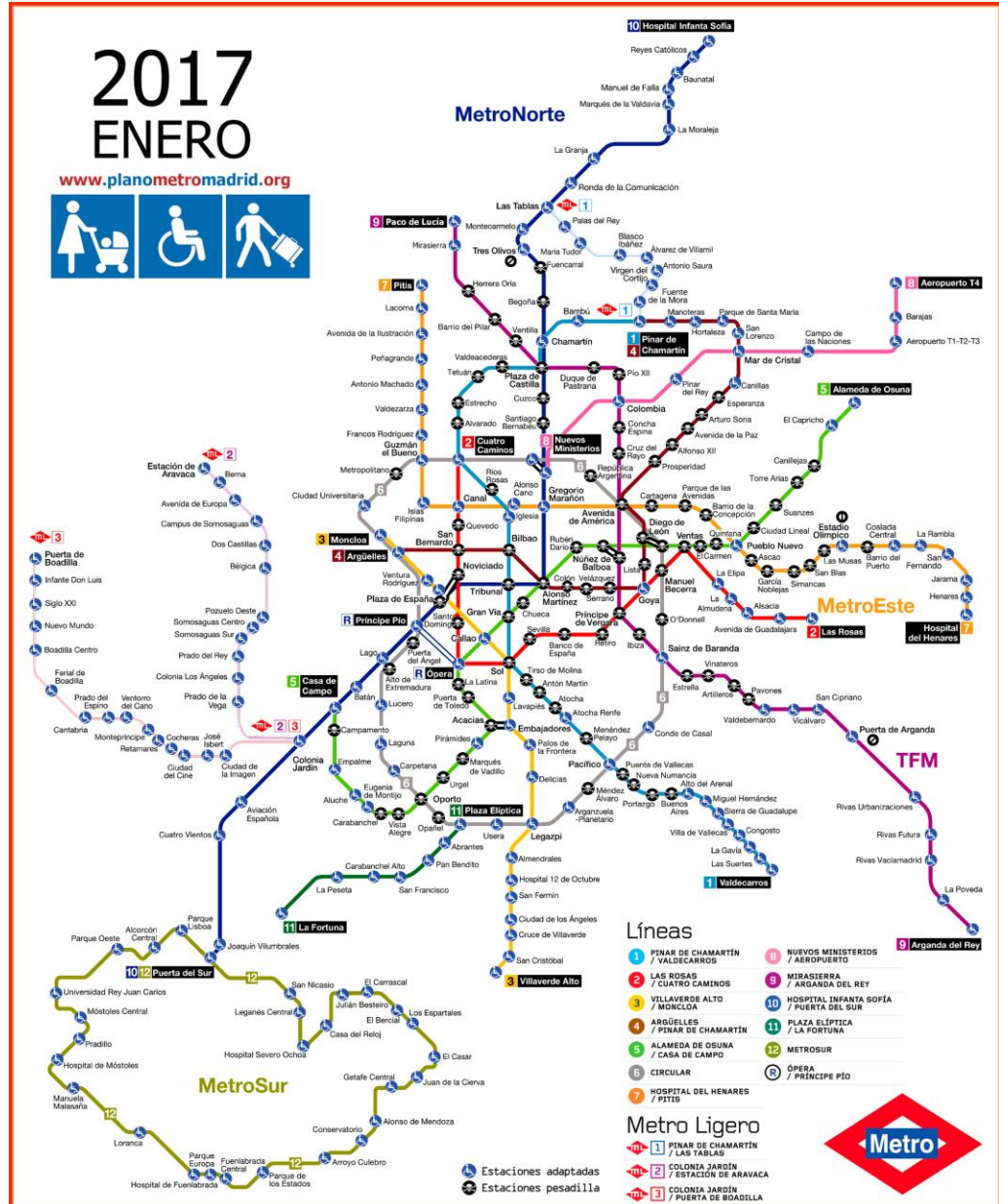


Kaynak: tfl.gov.uk

Şekil 2-12 Londra Metro su

2.3.2.5. Madrid

Kullanımda olan 2.265 km ray uzunluğu ile dünyada Çin' in ardından ikinci sırada yer almakta olan İspanya, planlanan ve yapım aşamasında olan olan projeleriyle birlikte 3.774 km toplam ray uzunluğuna sahip olmayı hedeflemektedirler. İspanya' nın en geniş metro ağı 294 km ile Madrid' de bulunmaktadır. 294 km' lik Madrid metrosu yeraltı metrosu ve hafif raylı sistemlerden oluşmaktadır (Anlaşan, 2015).



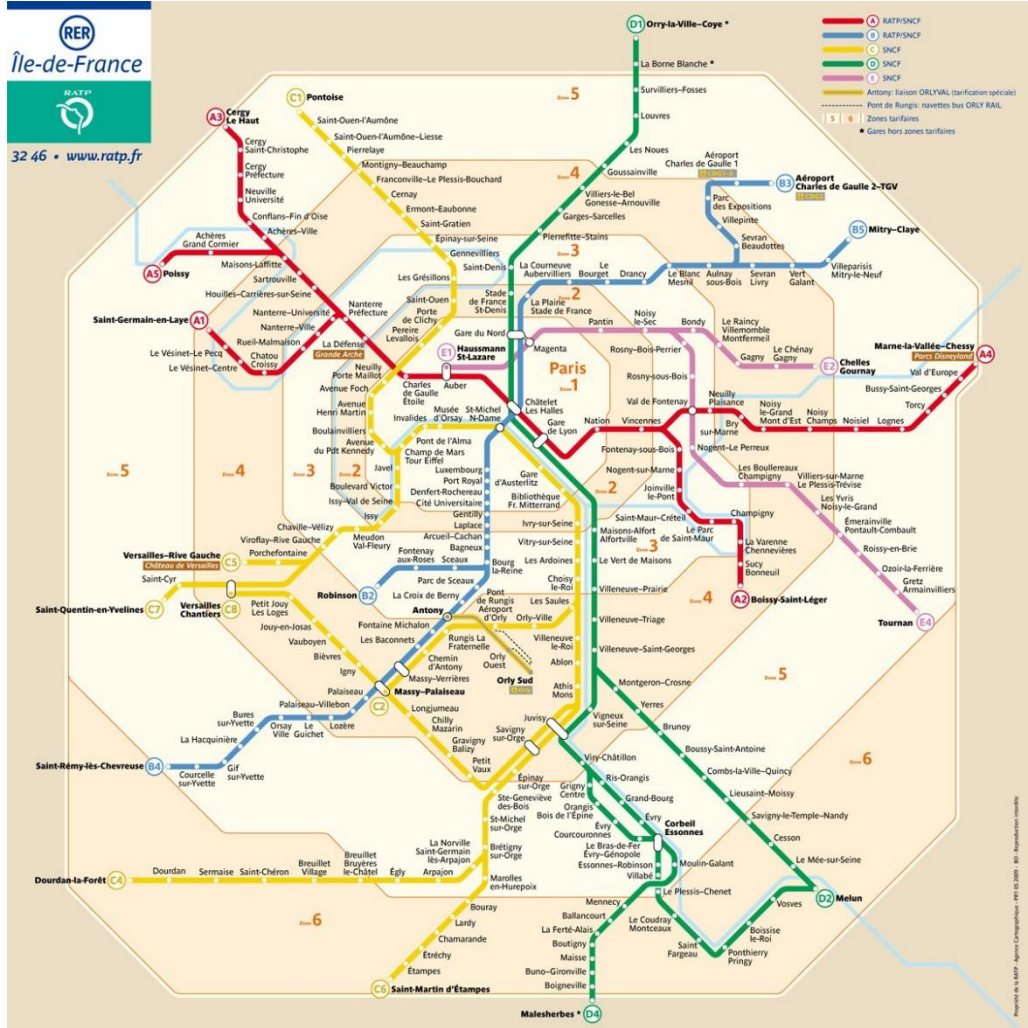
Kaynak: <http://forums.sherdog.com>

Şekil 2-13 Madrid Metrosu

2.3.2.6. Paris

Paris' in nüfusu yaklaşık olarak 12 milyon civarındadır. Toplam raylı sistem uzunluğu 1.705 km' dir. Bunun çok büyük bir bölümünü banliyö oluşturmaktadır. Paris kentine ait raylı sistem türlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011);

- Banliyö: 1.466 km
- Metro: 200 km
- Tramvay: 39 km



Kaynak: www.parisdigest.com

Şekil 2-14 Paris Metrosu

2.3.2.7. Moskova

Moskova yaklaşık 12 milyon nüfusa sahip metropollerden biri olup, ulaştırma sistemlerinde havayolları, karayolları ve raylı sistemler olarak bir bütün şeklinde değerlendirildiğinde entegre olabilmüş kentlerin başında olduğu söylenebilir. Moskova raylı sistemlerini banliyö, tramvay ve metro oluşturmaktadır. Toplam metro ağı 301 km' dir. (Anlağan, 2015).



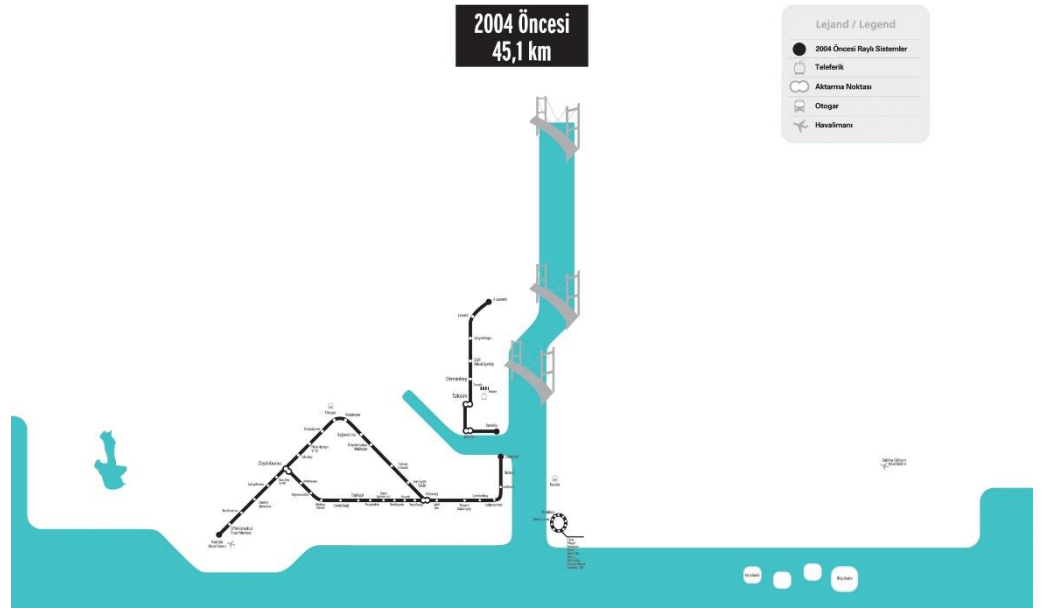
Kaynak: <http://forums.sherdog.com>

Şekil 2-15 Moskova Metrosu

2.3.3. İstanbul' da Raylı Sistemler

Dünya metropolleri incelendiğinde özellikle merkezi bölgelerde raylı sistem ağı yoğun bir şekilde bulunmakta ve bu alanlardaki aktarmalı raylı sistem hatları ile yolcu hareketliliği fazlasıyla sağlamaktadır. Londra, Tokyo, New York, Paris gibi mega kentlerdeki yolcu taşımacılığında raylı sistem ağının ne kadar önemli ve ne kadar fazla olduğunu inceledik. İstanbul' daki durum incelendiğinde gün geçtikçe artan projeler ile birlikte raylı sistem hatları artmaktadır. 2004 yılından itibaren hızla gelişen raylı sistem ağları olması ile beraber İstanbul nüfusunun da hızla artması bu talebi yeterince karşılayamaz hale gelmiştir. Bu amaç doğrultusunda İstanbul' da planlanan projeler bulunmaktadır. Bu projeler tamamlandığında, İstanbul' daki raylı sistem ağı mevcut durumun çok çok üst seviyelerine ulaşacaktır. Böylece yolcu taşımacılığındaki yoğunluğu raylı sistemler ile rahatlayacaktır.

2004 Öncesi İstanbul'da Raylı Sistemler



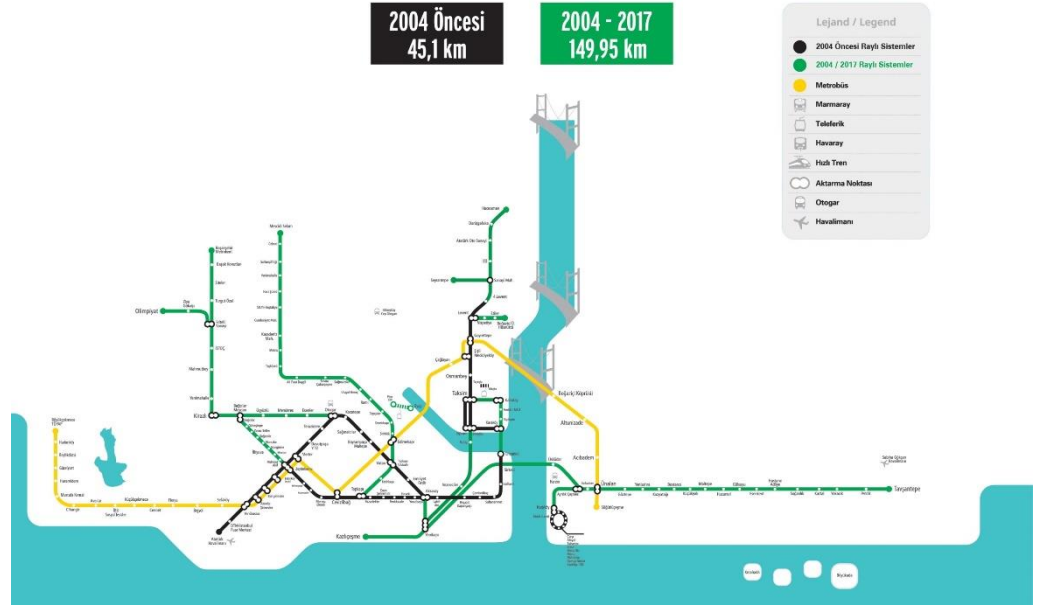
Kaynak: <http://www.istanbulunmetrosu.com>

Şekil 2-16 2004 Öncesi İstanbul' da Raylı Sistemler

Şekil 2-16' da görüleceği gibi 2004 yılı öncesinde 45,1 km olan raylı sistem hatları sadece 2 metro hattı, 1 tramvay hattından oluşmaktaydı.

Şekil 2-17' de de gösterilen 2004-2017 yılları arasındaki raylı sistemler haritasında da görülebileceği gibi toplam hat uzunluğu 149,95 km seviyelerine ulaşmıştır. Bu süre zarfında yapılan yatırımlar ile toplam hat uzunluğunda neredeyse %200 oranında artış sağlandığı görülmektedir.

2017 Yılında İstanbul'da Raylı Sistemler

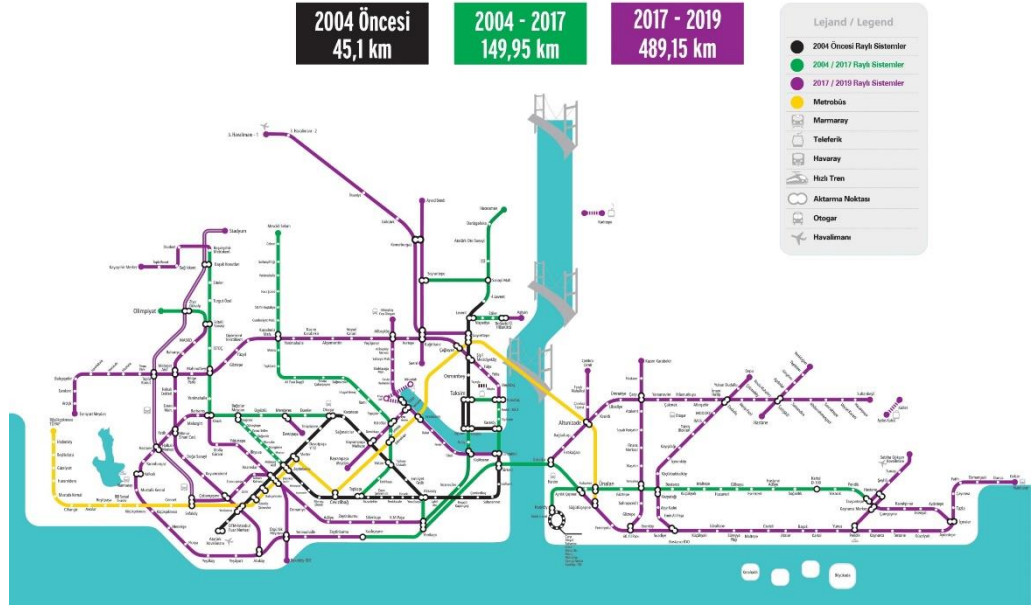


Kaynak: <http://www.istanbulunmetrosu.com>

Şekil 2-17 2017 Yılında İstanbul' da Raylı Sistemler

2017-2019 yılları arasında devam eden projeler tamamlandığında raylı sistem hatları 489,15 km seviyelerine ulaşacaktır. 2019 yılından sonra planlanan raylı sistem ağları ile birlikte raylı sistem hatlarının toplam uzunluğu 1 000,15 km seviyelerine gelmesi hedeflenmektedir. Böylelikle İstanbul metrosu dünya kentleri arasındaki raylı sistem hatları sıralamasında önemli bir sırada yer alacaktır. Bu yıllara ait raylı sistem haritalarını Şekil 2-18 ve Şekil 2-19' da görebilmekteyiz.

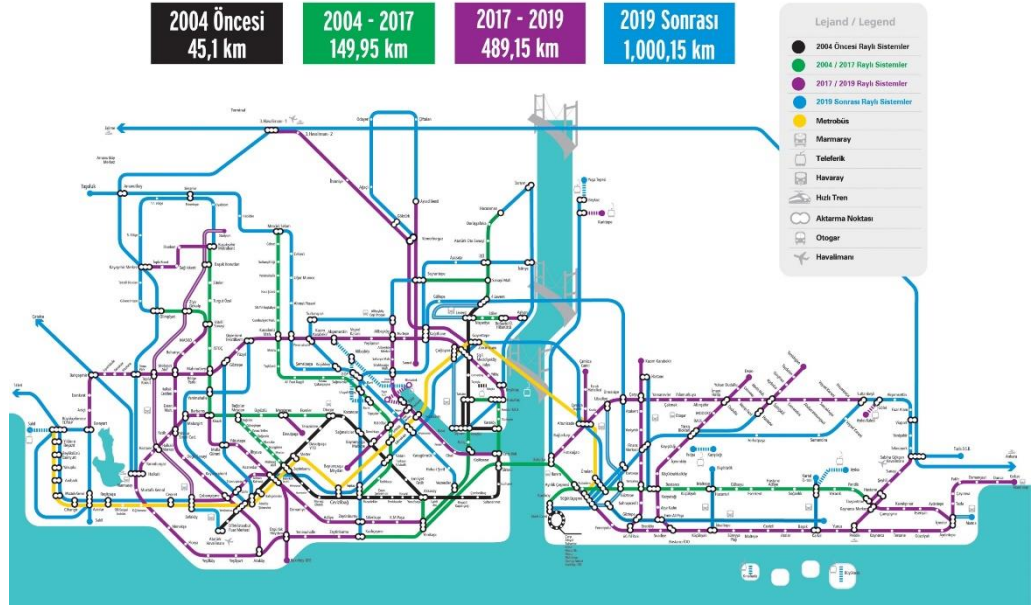
2019 Yılında İstanbul'da Raylı Sistemler



Kaynak: <http://www.istanbulunmetrosu.com>

Şekil 2-18 2019 Yılında İstanbul' da Raylı Sistemler

2019 Sonrası İstanbul'da Raylı Sistemler



Kaynak: <http://www.istanbulunmetrosu.com>

Şekil 2-19 2019 Sonrası İstanbul' da Raylı Sistemler

3. YÖNTEM

3.1. Bulanık AHS

Modelleme aşamalarının sübjektif yapısı gereği, yöntemin gerçek çözümleri sunamayacağı anlamına gelmektedir. Kriterler belirlenirken sayısal olmayan sözel anlatımların kullanılması birçok riski beraberinde getirmektedir. Sözel ifadeler genel duruma fazlasıyla bağımlıdır. Farklı bir ifadeyle, kıyaslanan kriterler ve alternatifler bütününe bağlı olarak, sözel bir ifadenin sayısal karşılığı, karar verme probleminden bir başka probleme değişmektedir. Bununla beraber, karar vericiler arasında da farklı görüşler bulunmaktadır. Sıklıkla, karar veren kişiler, sözel ve sayısal ifadeler arasındaki bağlantıyı anlamakta güçlük çekmektedirler (Dursun E. , 2009).

Gerçek dünyanın karmaşıklığından ve insanların sınırlı algılama kapasitesinden ötürü, kesin olarak algılayamadığımız çok fazla objeler vardır. Bu objeler sadece nesnel görüşlerle ifade edilebilir. Bu şekilde karmaşık yapıya sahip nesnelere ilgili karar vermenin üstesinden bulanık özellik ile çözüme kavuşturulur (Yalçın, 2007).

3.1.1. Bulanık AHS Yönteminin Gelişim Aşamaları

Bulanık AHS yönteminin gelişim aşamalarını (Önel, 2014), Bulanık AHS Yöntemi ile yapmış olduğu Personel Seçimi ve Uygulaması çalışmasında aşağıdaki gibi özetlemiştir.

“Bulanık AHS konusunda ilk teorik çalışma, üçgensel bulanık ağırlıkları üçgensel bir bulanık karşılaştırma matrisinden elde etmek amacıyla bulanık logaritmik en küçük kareler tekniğini öneren Van Laahoven ve Pedrycz tarafından yapılmıştır (Van Laarhoven & Pedrycz, 1983).

Buckley, bulanık ağırlıkları hesaplamak için geometrik ortalama tekniğini kullanmış ve dörtgensel üyelik fonksiyonlarına sahip karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir (Buckley, 1985).

Chang, bulanık AHS' nin ikili karşılaştırma skalası için üçgensel bulanık sayılarının kullanılması ve ikili karşılaştırmaların sentetik mertbe değerleri için mertbe analiz tekniğinin kullanılmasını içeren yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur (Chang, 1996).

Cheng, çalışmasındaki aritmetik işlemlerde, her bir sistemin her bir kritere göre tatmin dereceleri tamsayılarla sıralanmakta ve bu sıralama skorlarının toplamı sistemin tatmin derecesini üçgensel bulanık sayılarla ifade etmektedir (Cheng, 1996).”

3.1.2. Bulanık AHS Yöntemleri ve Karşılaştırılması

Araştırmalarda yer alan farklı yazarlar tarafından ortaya koyulmuş birçok Bulanık AHS yöntemi bulunmaktadır. Bu bölümde ise bu yöntemlerin karakteristik özellikleri ile avantaj ve dezavantajlarının bulunduğu Tablo 3-1’de özetlenmiştir.

Tablo 3-1 Bulanık AHS Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Kaynak	Yöntemin Karakteristik Özellikleri	Avantaj (+) ve Dezavantajları (-)
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)	<ul style="list-style-type: none"> Saaty’ nin AHS yönteminin üçgen bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> + Birden fazla karar vericinin düşüncelerini karşılıklı matrislerde modellenebilir. - Küçük bir problem için bile çok fazla matematiksel işlem gerektirir. - Sadece üçgen bulanık sayıların kullanılmasına izin verir.
Buckley (1985)	<ul style="list-style-type: none"> Saaty’ nin AHS yönteminin yamuk bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır. Geometrik ortalama kullanılarak bulanık ağırlıkları ve performans skorlarını elde eder. 	<ul style="list-style-type: none"> + Bulanık duruma genişletmek kolaydır. + Tek bir sonucu garanti eder. - Hesap gereksinimi çok fazladır.
Boender et al. (1989)	<ul style="list-style-type: none"> Van Laarhoven ve Pedrycz’ in yönteminin biraz geliştirmiş halidir. Yerel önceliklerin normalizasyonu için daha sağlam bir yaklaşım sunar. 	<ul style="list-style-type: none"> + Birden fazla karar vericinin düşünceleri modellenebilir. - Hesap gereksinimi çok fazladır.
Chang (1996)	<ul style="list-style-type: none"> Sentetik derece değerleri Seviye basit sıralaması Karma toplam sıralama 	<ul style="list-style-type: none"> + Hesap gereksinimi daha azdır. + Klasik AHS’ nin adımlarını izler. İlave işlem gerekmez. - Sadece üçgen bulanık sayılar kullanılabilir.
Cheng (1996)	<ul style="list-style-type: none"> Bulanık standartlar oluşturulur. Performans skorlarını üyelik fonksiyonlar ile ifade eder. Toplam ağırlıkları hesaplamak için entropi kavramlarını kullanır. 	<ul style="list-style-type: none"> + Çok fazla hesap gerektirmez. - Olasılık dağılımı billendiğinde entropi kullanılır. Yöntem hem olasılık hem de olabilirlik ölçülerine dayanır.

Kaynak: (Üzgün, 2006)

Çalışmamızın dördüncü bölümünde yer alan uygulama aşamasında Bulanık AHS yöntemlerinden Buckley Yaklaşımı kullanılacaktır. Sıradaki bölümde Buckley Yaklaşımı' nın kullanım adımları ve nasıl uygulandığına dair detaylı bir inceleme yapılacaktır.

3.1.3. Bulanık AHS Önem Dereceleri

Çalışmada kullanılacak bulanık önem dereceleri Tablo 3-2'de gösterilmiştir. Tüm kriterler tabloda gösterilen sözel önem derecelerine göre kıyaslanmıştır.

Tablo 3-2 Bulanık AHS Önem Dereceleri

Matris İfadesi	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Derecede Önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz Daha Önemli	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Daha Fazla Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok Önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Kesin Önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Kaynak: (Bal, 2014)

3.1.4. Buckley Yaklaşımı

1985 yılında Buckley, Saaty' nin AHS yöntemini genişleterek bulanık karşılaştırma oranları üzerinde çalışmıştır. Buckley, Van Laarhoven ve Pedrycz' in yöntemini iki sebepten ötürü eleştirmiştir. Bu sebeplerden birincisi Van Laarhoven ve Pedrycz' in yönteminde yer alan lineer denklemlerin her zaman tek çözümün olmaması, diğer sebebi ise ağırlıkların bulunmasında üçgensel bulanık sayıların kullanılmasında ısrar edilmesidir. Bu sebeplerden ötürü Buckley, bulanık ağırlıkları ve performans skorlarını elde edebilmek için geometrik ortalama yöntemini kullanmıştır (Üzgün, 2006).

Bu yöntemin kullanılmasının sebebi bulanık durumları kolayca genelleştirebilmesi ve karşılaştırma matrislerinden tek bir çözüm elde edilebilmesidir. Ayrıca diğer eleştirdiği sebep olan üçgensel bulanık sayıların yerine yamuksal bulanık sayıları kullanmasıdır (Üzgün, 2006).

Buckley Yaklaşımı yönteminin uygulama adımlarını aşağıdaki gibi

sıralayabiliriz. (Ayhan, 2013).

- **Adım 1:** Karar vericiler, kriterleri veya alternatifleri Tablo 3-2’de yer alan önem düzeylerine göre karşılaştırılır.

Bu dilbilimsel terimlere karşılık gelen üçgensel bulanık sayılara göre karar verici: 1. Kriter, 2. Kriter’ e göre “Daha Fazla Önemlidir” şeklinde bir ifade de bulunur. Bu ifadeye göre 1.Kriter’ in bulanık ölçeği (3/2, 2, 5/2) şeklinde bulanık ölçek değerini alacaktır. 2. Kriter ise (2/5, 1/2, 2/3) şeklinde karşı gelen ölçek değerine sahip olur. Bu şekilde yapılan kıyaslamalar sonucunda bulanık karşılaştırma matrisini aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$\tilde{A}^k = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11}^k & \cdots & \tilde{d}_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{d}_{n1}^k & \cdots & \tilde{d}_{nn}^k \end{bmatrix}$$

- **Adım 2:** Birden fazla karar verici varsa, her karar vericinin tercihleri (\tilde{d}_{ij}^k) ortalama ve (\tilde{d}_{ij}) aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\tilde{d}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K \tilde{d}_{ij}^k}{K}$$

- **Adım 3:** Ortalama tercihlerine göre, ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi güncellenir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11} & \cdots & \tilde{d}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{d}_{n1} & \cdots & \tilde{d}_{nn} \end{bmatrix}$$

- **Adım 4:** Buckley’ e göre, her bir kriterin bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalaması aşağıdaki denkleme göre hesaplanır.

$$\tilde{r}_i = \left[\prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right]^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n$$

- **Adım 5:** Her bir \tilde{r}_i ' nin vektör özeti ile toplama vektörünün (-1) gücü bulunmalıdır. Artan bir sırayla yapmak için bulanık üçgen sayısı değiştirilmelidir. \tilde{w}_i kriterinin bulanıklık ağırlığının hesaplanabilmesi için her bir \tilde{r}_i ' yi bu ters vektör ile çarpılması gerekmektedir.

$$\begin{aligned}\tilde{w}_i &= \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \\ &= (lw_i, mw_i, uw_i)\end{aligned}$$

- **Adım 6:** \tilde{w}_i hala bulanık üçgen sayılar olduğundan, aşağıda yer alan denklem uygulanarak, Chou ve Chang tarafından önerilen alan merkezi yöntemi ile durulaştırılmalıdır.

$$M_i = \frac{lw_i, mw_i, uw_i}{3}$$

- **Adım 7:** M_i bulanık olmayan bir sayıdır. Ancak aşağıdaki formül kullanılarak normalleştirilmesi gerekmektedir.

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

Bu 7 uygulama adımı, tüm kriterlerin ve alternatiflerin normalize edilmiş ağırlıklarını bulmak için gerçekleştirilir. Daha sonra her alternatif için ağırlığın ilgili kriterlerle çarpılmasıyla, her bir alternatif için puanlar hesaplanır. Bu sonuçlara göre, en yüksek dereceye sahip seçenek karar vericiye önerilmektedir. Fakat uygulamada bu kısım PROMETHEE yöntemi ile yapılacaktır. Çünkü daha öncede açıklandığı gibi uygulamada Bulanık AHP ve PROMETHEE yönteminin birlikte kullanılması amaçlanmıştır. Buckley Yaklaşımı ile bulunan global ve yerel ağırlıklıklar sonucunda ikinci aşama için PROMETHEE yöntemi kullanılacaktır.

3.2. PROMETHEE

PROMETHEE yöntemi, ÇKKV problemlerin çözümünde bu alandaki en kolay ve en etkili çözüm olarak görülmektedir (Şahin, 2014). PROMETHEE

metodu alternatiflerin seçilen kriterler aracılığıyla tercih fonksiyonlarına bağlı olarak ikili kıyaslamalar yapılarak değerlendirilen bir ÇKKV metodudur (Ekin, 2014). PROMETHEE yöntemini diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran en büyük özellik, değerlendirme etkenlerinin birbirleri arasında ilişki seviyesini gösteren önem derecelerinin yanı sıra, her bir değerlendirme kriterinin kendi iç ilişkisini de dikkat etmesidir (Koçdağ, 2013).

3.2.1. PROMETHEE Yönteminin Gelişim Aşamaları

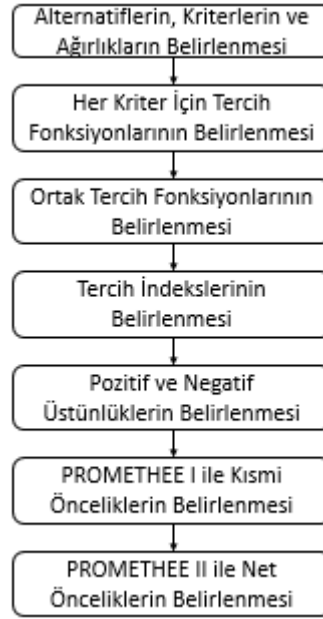
J. P. Brans tarafından geliştirilen kısmi sıralama imkanı sağlayan PROMETHE I metodu ile net sıralama imkanı sağlayan PROMETHEE II metodu ilk olarak 1982 yılında R. Nadeau ve M. Landry tarafından Kanada’ da bulunan Laval Üniversitesi’ nde sunulmuştur (Uzun, 2015).

Bir kaç yıl içerisinde de J. P. Brans ve B. Mareschal tarafından aralıklı sıralama yapan yani kesintili sıralama yapan PROMETHE III yöntemi ve süre gelen olaylara dayanan yani devamlı sıralama yapan PROMETHEE IV yöntemi geliştirilmiştir. 1988 yılında J. P. Brans ve B.Mareschal GAIA olarak isimlendirilen görsel interaktif yöntemini önermişlerdir. Bu yöntem ile PROMETHEE mimarisini destekleyen grafik sunumlar yapılabilmektedir (Şahin, 2014).

Yine J. P. Brans ve B. Mareschal tarafından 1992 ile 1994 yıllarında parçalara ayrılmış kısıtları içeren ÇKKV yöntemi olan PROMETHEE V ve insan beynini simgeleyen PROMETHEE VI yöntemini önermişlerdir (Uzun, 2015).

3.2.2. PROMETHEE Yöntemi Algoritması

Birden fazla alternatifler ile ilgili birden fazla kriterden oluşan seçim ve sıralama problemlerinde kullanılan PROMETHEE metodunun uygulama adımlarının algoritması Şekil 3-1’deki gibidir (Kücü, 2007).



Kaynak: (Kücü, 2007)

Şekil 3-1 PROMETHEE Yöntemi Süreç Algoritması

3.2.3. PROMETHEE Yöntemi Uygulama Adımları

PROMETHEE yönteminin uygulama aşaması 7 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar detaylı bir şekilde aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- **Adım 1:** Belirlenen alternatifler, kriterler, kriter ağırlıkları ve alternatiflerin kriterlere göre aldığı değerler bir veri matrisinde tablo haline getirilir. Bu veri matrisinde $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)$ ağırlıklarına sahip k kriter tarafından $c = (f_1, f_2, \dots, f_k)$ şeklinde değerlendirilen alternatiflere $A = (a, b, c, \dots)$ ilişkin tablo Tablo 3-3' de gösterildiği gibi veri matrisi oluşturulur (Kücü, 2007).

Tablo 3-3 PROMETHEE Yöntemi Veri Matrisi

Kriterler	A	B	C	...	W
f_1	$f_1(a)$	$f_1(b)$	$f_1(c)$...	w_1
f_2	$f_2(a)$	$f_2(b)$	$f_2(c)$...	w_2
...
...
f_k	$f_k(a)$	$f_k(b)$	$f_k(c)$...	w_k

Kaynak: (Kücü, 2007)

- **Adım 2:** Alternatifler arasında kriter bazında ikili kıyaslama yapılırken J. P. Brans tarafından tanımlanmış 6 tercih fonksiyonundan bir tanesini kullanmaktadır. Değerlendirme etkenlerinin iç ilişkisini gösteren tercih fonksiyonları Tablo 3-4' de gösterilmiştir (Genç, 2013)

Buradaki parametreleri aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.

q : Farksızlık değeri

p : Kesin tercih eşiği

σ : Standart sapma olarak tanımlanır.

q değeri, değerlendirme etkenlerinin karar noktalarına göre en büyük fark değeri, p değeri ise karar noktalarına göre en küçük farktır.

Tablo 3-4 PROMETHEE Yöntemi Tercih Fonksiyonları

Tip	Parametre	Fonksiyon	Grafik, $p(x)$
Birinci Tip (Olağan)	–	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip (U-tipi)	q	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1, & x > q \end{cases}$	
Üçüncü Tip (V-tipi)	p	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x/p, & q < x \leq q + p \\ 1, & x > p \end{cases}$	

Dördüncü Tip (Seviyeli)	q, p	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq p \\ 1, & x > p \end{cases}$	
Beşinci Tip (Lineer)	q, p	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ \frac{(x - q)}{(p - q)}, & q < x \leq p \\ 1, & x > p \end{cases}$	
Altıncı Tip (Gaussian)	σ	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x > 0 \end{cases}$	

Kaynak: (Brans & Vincke, A Preference Ranking Organization Method: The Promethee Method for MCDM, 1985)

PROMETHEE yönteminin diğer ÇKKV metodlarına göre önemli bir avantajı bulunmaktadır. Bu avantaj, karar veren kişiye bir değerlendirme etkeni bakımından istediği tercihi yapabilmesine ya da değerlendirme etkenini kendi istediği gibi kısıtlamasına imkan tanınmasıdır. Aşağıda altı tercih fonksiyonunda hangi durumlarda kullanılması gerektiği açıklanmıştır (Şahin, 2014).

Karar veren kişi için ilgili değerlendirme etkeni bakımından herhangi bir seçim yapılmayacak ise, o değerlendirme etkeni bakımından seçilecek tercih fonksiyonunu Birinci Tip (Olağan) olarak belirlemelidir.

Karar veren kişi bir değerlendirme etkeni bakımından tercihini kendi tespit ettiği bir değer üstünde bir değere sahip karar noktalarından yana kullanmak isterse, uygulanması gereken tercih

fonksiyonu İkinci Tip (U Tipi) olması uygun olur.

Karar veren kişi tercihini ilgili değerlendirme etkeni bakımından ortalama değerin üstünde bir değere sahip karar noktalarından yana kullanmak isterse ve aynı zamanda bu değerin altındaki değerleri de yok etmek istemez ise, kullanılması gereken tercih fonksiyonu Üçüncü Tip (V Tipi) tercih fonksiyonunu olmalıdır.

Karar veren kişi değerlendirme etkeni bakımından belirli bir değer aralığı belirlemek isterse, kullanılması gereken tercih fonksiyonu Dördüncü Tip (Seviyeli) tercih fonksiyonu kullanılmalıdır.

Karar veren kişi değerlendirme etkeni bakımından ortalama değerin üstünde bir değere sahip karar noktalarından yana tercihini kullanmak isterse, Beşinci Tip (Doğrusal) tercih fonksiyonunu kullanması uygun olur

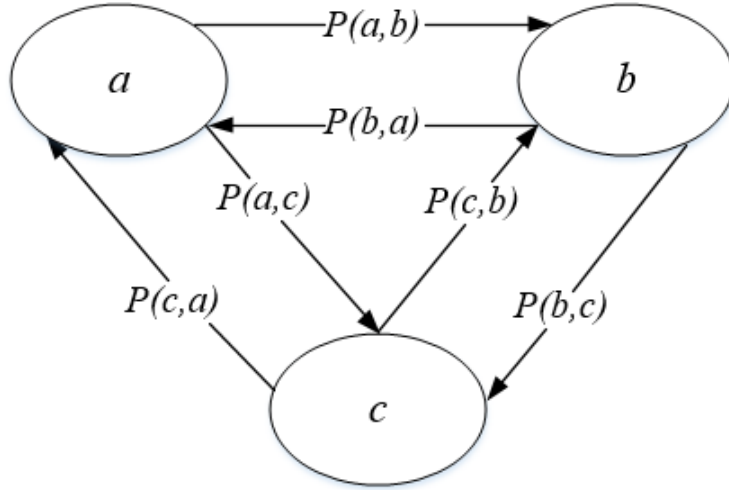
Karar veren kişinin tercihinde, bir değerlendirme etkeni değerlerinin ortalamadan sapma değerleri belirleyici olacaksa, Altıncı Tip (Gaussian) tercih fonksiyonu kullanılmalıdır.

- **Adım 3:** Kriterler için belirlenen tercih fonksiyonları dikkate alınarak her bir değerlendirme etkeni için ortak tercih fonksiyonları belirlenir ve ikili karşılaştırmaları yapılır. a, b alternatifleri için ortak tercih fonksiyonlarının formüsel gösterimi ve şematik gösterimi aşağıdaki gibidir (Uzun, 2015).

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a), f(b)], & f(a) > f(b) \end{cases}$$

$$p[f(a), f(b)] = P(x)$$

$$P(x) = f(a) - f(b)$$



Kaynak: (Ömürbek, Karaatlı, Eren, & Şanlı, 2014)

Şekil 3-2 Ortak Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi

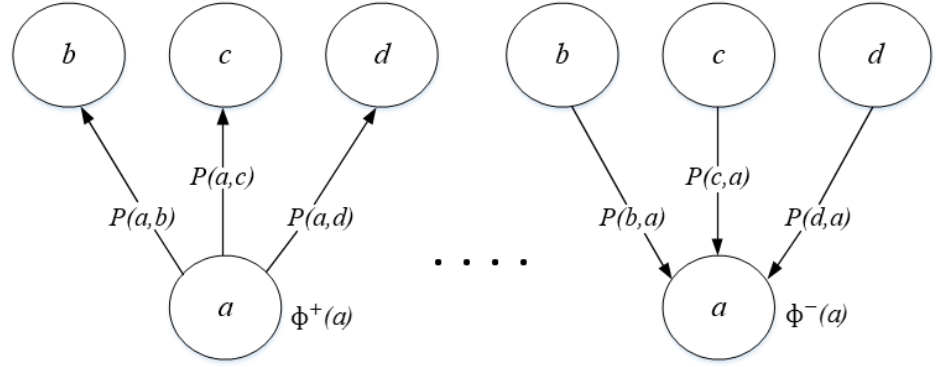
- **Adım 4:** Karar verilen ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indeksleri belirleir. $w_i = (i = 1, 2, \dots, k)$ ağırlıklarına sahip k kriter tarafından değerlendirilen a ve b alternatiflerinin tercih indeksi aşağıdaki formül ile hesaplanır (Ömürbek, Karaatlı, Eren, & Şanlı, 2014).

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i \cdot P_i(a, b)}{\sum_i w_i}$$

- **Adım 5:** Alternatifler için pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) üstünlükler belirlenir. Pozitif ve negatif üstünlüklerin formül hesabı ve şematik gösterimi aşağıda gösterilmiştir (Uzun, 2015).

$$\Phi^+(a) = \sum \pi(a, x) \quad x = (b, c, d, \dots)$$

$$\Phi^-(a) = \sum \pi(x, a) \quad x = (b, c, d, \dots)$$



Kaynak: (Ömürbek, Karaatlı, Eren, & Şanlı, 2014)

Şekil 3-3 Pozitif ve Negatif Üstünlükler

- **Adım 6:** PROMETHEE I yöntemi ile kısmi sıralama yapılır. Karar noktalarına ilişkin pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin ikili kıyaslamalarının yapıldığı bu adımda meydana gelebilecek 3 farklı durum bulunmaktadır. Bir karar noktasının diğer bir karar noktasına göre üstünlüğü, karar noktalarının farksızlığı ve karar noktalarının birbirleriyle kıyaslanmaması meydana gelebilecek 3 farklı durumu göstermektedir (Şahin, 2014).

a alternatifi ile b alternatifinin arasındaki üstünlük karşılaştırılması aşağıdaki durumlardan herhangi birinin sağlanması ile belirlenmektedir (Şahin, 2014).

- Aşağıdaki koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa, a alternatifi b alternatifine tercih edilir.

I. $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ ve $\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$

II. $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ ve $\Phi^-(a) = \Phi^-(b)$

III. $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$ ve $\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$

- Aşağıda verilen koşul sağlanıyorsa, a alternatifi ile b alternatif arasında herhangi bir fark yoktur.

I. $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$ ve $\Phi^-(a) = \Phi^-(b)$

- Aşağıda verilen koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa, a alternatifi ile b alternatifi mukayese edilemez.

I. $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ ve $\Phi^-(a) > \Phi^-(b)$

II. $\Phi^+(a) < \Phi^+(b)$ ve $\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$

- **Adım 7:** PROMETHEE II yöntemi ile karar noktaları için net öncelikler aşağıda verilen denklem doğrultusunda hesaplanır. Hesaplanan net öncelik değeri ile karar noktası kümesinde yer alan bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek tüm alternatifleri içeren tam sıralama belirlenir (Koçdağ, 2013).

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

a ve b gibi iki karar noktası kümesinde yer alan iki alternatif iken hesaplanan net öncelik değerine bağlı olarak aşağıda verilen kararlar alınır.

$\Phi(a) > \Phi(b)$ ise, a alternatifi b alternatifine göre daha üstündür.

$\Phi(a) = \Phi(b)$ ise, a ve b alternatifleri arasında bir fark yoktur.

4. UYGULAMA

Dünyanın en kalabalık nüfus yoğunluğuna sahip metropollerden olan İstanbul'da, ekonomik büyüme, yoğun kentleşme sonucunda günlük yolculuk sayıları da fazlasıyla artmaktadır. Toplu taşımada zaman kazanma açısından en çok tercih edilen ulaşım tipi raylı sistemlerdir. Artan yolculuk talebinin sonucunda mevcut raylı sistemler altyapısı, artmakta olan yolculuk talebini karşılayamamak hale gelmiştir. Bu yüzden yeni raylı sistem projeleri planlanmaktadır. Fakat bu yapılması planlanan projelerin hem maddi kazanç sağlaması açısından hem de ihtiyaç analizine göre önce yapılması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ihtiyaç analizine göre raylı sistem projelerinin Bulanık AHS ve PROMETHEE yöntemi yardımıyla hangi projelerin daha önce yapılmasının daha faydalı olacağı tespit edilecektir.

4.1. Uygulamanın Yapım Aşamaları

Projede uygulanacak adımların listesi aşağıdaki gibidir:

1. Hiyerarşik yapının oluşturulması,
2. Uzman karar vericiler tarafından anket yapılması,
3. Anket sonuçlarına göre AHS yöntemine göre karar matrisinin oluşturulması,
4. Her anket için oluşturulan karar matrislerinin, geometrik ortalaması alınarak grup karar matrisinin oluşturulması,
5. Grup karar matrisinin normalizasyon işlemi yapılarak tutarlılığın hesaplanması,
6. Bulanık AHS için karar matrisinin oluşturulması,
7. Buckley yaklaşımı ile yerel ve global ağırlıklarının hesaplanması,
8. Global ağırlıklar kullanılarak PROMETHEE yönteminin "Visual PROMETHEE" programında tasarlanması ve uygulanması

4.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Hiyerarşik yapı oluşturulurken İUAP' da yer alan verilerden yararlanılmıştır. Bu kapsamda daha önce de belirtilen 3 ana kriter "Ekonomik

Değerlendirme”, “Finansal Değerlendirme” ve “Sosyal ve Çevresel Değerlendirme” olarak belirlenmiştir. Bu 3 ana kritere bağlı 10 alt kriter bulunmaktadır. Bu ana kriter ve alt kriterlere bağlı olarak 33 adet planlanan raylı sistem projesinin değerlendirilmesi yapılacaktır.

Ana ve alt kriterler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ana kriterler ve alt kriterler belirlenirken İUAP’ dan yararlanılmış olup buradaki hesaplamalar sonucunda elde edilen verilerden yararlanılmıştır (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011).

1. Ekonomik Değerlendirme: Fayda-maliyet analizi ile planlanan projeler ekonomik açıdan değerlendirilmiştir.

- Ekonomik Fayda: Projelerin ekonomik faydası hesaplanırken “araç işletme maliyeti, çevresel maliyetler (gürültü, emisyon, su kirliliği), araç sahipliği maliyeti, kaza maliyeti ve zaman maliyeti” göz önünde bulundurulmuştur.
- Ekonomik İç Verimlilik Oranı: Bu projelerin yapılması ve yapılmaması durumlarına göre ulaşım talep tahmin modelinin trafik atama sonuçları karşılaştırılarak hesaplanmıştır.

2. Finansal Değerlendirme: Maksimum raylı sistem projeleri gibi gelir üreten projeler, nakit giriş (toplanan bilet ücreti) ile nakit çıkışlar (inşa, işletme ve bakım maliyeti) karşılaştırılarak finansal açıdan değerlendirilmiştir.

- Toplam İşletme Giderleri: Bakım ve işletme maliyetleri “değişken” giderler olup sistemin türüne göre farklılık göstermekte ve raylı sistemin hizmet hacmine bağlıdır. Bu maliyetleri enerji, araç hat ve bakım onarım, kira, personel vb. giderler oluşturmaktadır. Bakım ve işletme giderlerini tahmin edebilmek için; tren-km, yolcu-km, yolcu, çalışan veya tren sayısı gibi hizmet hacmi başına düşen giderler kullanılmaktadır.
- Proje Yapım Maliyeti: Raylı sistem projesinin maliyeti özel ve yerel koşullara göre değişmektedir. Bu çalışmadaki birim maliyette; inşaat maliyeti, elektromekanik maliyetler ve araç

maliyeti yer almaktadır.

- Finansal İç Verimlilik Oranı: Bir projenin karlılığı, fayda dağılımı göz önüne alınmadan finansal iç verimlilik oranı ile ölçülmüştür.

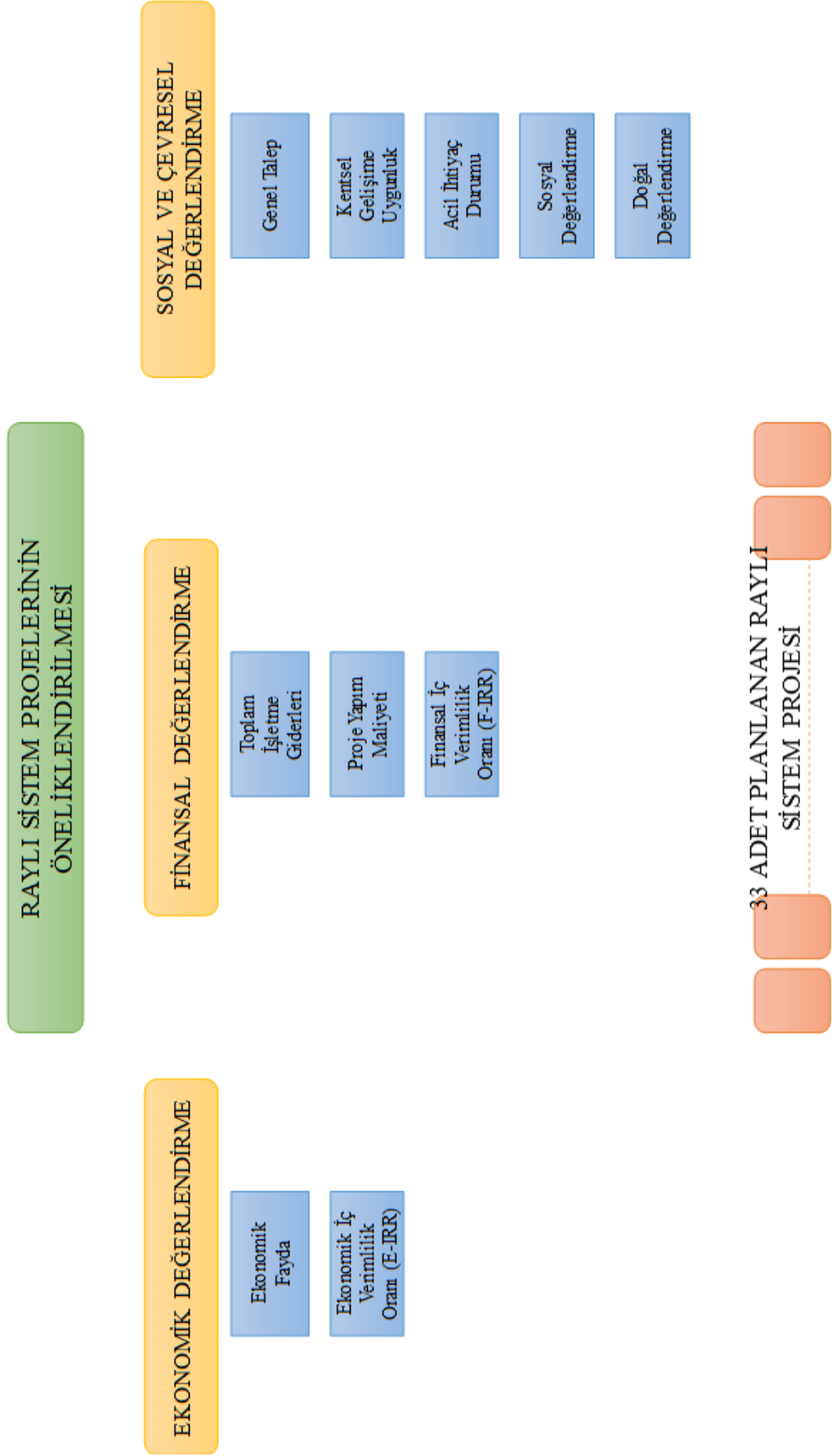
3. Sosyal ve Çevresel Değerlendirme: Bu bölümde projelerin; yürürlükteki kanun ve yönetmelikler çerçevesinde doğal ve kültürel varlıklar, Boğaziçi ön ve geri görünüm bölgesi, su havzaları gibi hassas bölgeler içinde olması durumunda çevresel etkisi ve kamulaştırma ihtiyacı durumlarda ise sosyal ve çevresel değerlendirilmesi yapılmıştır.

- Genel Talep
- Kentsel Gelişime Uygunluk
- Acil İhtiyaç Durumu
- Sosyal Değerlendirme
- Doğal Değerlendirme

Yapılan değerlendirmeler sonucunda sıralamaya tabii tutulacak olan raylı sistem projeleri Tablo 4-1’ de gösterilmiştir.

Tablo 4-1 Alternatif Tablosu

KOD	PROJE İSMİ	KOD	PROJE İSMİ
T-1	Üsküdar-Çekmeköy	P2-11	Taşdelen-Tuzla
T-2	Bakırköy-Beylikdüzü	PP-1	Ataşehir Havaray
D-1	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	PP-3	Kadıköy-Sultanbeyli
D-2	Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	PP-4	İkitelli-Habipler
D-3	Yenikapı-Bakırköy	PP-6	Silivri-Gümüşyaka
D-4	Haliç Çevresi	PP-7	Sultançiftliği-Arnautköy
D-5	Yenibosna-İkitelli	PP-8	Tuzla Tramvay Sistemi
D-6	Şişhane-Kulaksız-Cemal Kamacı	PP-9	Maltepe Havaray
P1-1	Bağcılar-Halkalı	PP-11	Hisarüstü Raylı Sistemi
P1-2	Tekstilkent-İstoc-Olimpiyatköyü-Ispartakule	PP-12	Silivri-Selimpaşa Havaray
P2-1	Kartal D100-Kartal IDO	PBH-1	Kadıköy-Kazlıçesme
P2-2	Sabiha Gökçen Havaalanı-Formula 1	PBH-2	Söğütluçesme-Kazlıçesme
P2-4	4.Levent-Gültepe-Çeliktepe	PBH-3	Söğütluçesme-Gayrettepe
P2-5	Beşiktaş-Sarıyer	PBH-4	Bostancı-Kazlıçesme
P2-6	Ispartakule-Beylikdüzü-Avcılar	PBH-5	Ünalan-Mecidiyeköy
P2-7	Ispartakule-Kıraç-Büyükkemece-Silivri	PBH-6	Söğütluçesme-İncirli
P2-8	Üsküdar-Beykoz		



Şekil 4-1 Projenin Hiyerarşik Yapısı

4.3. Önem Düzeylerinin Belirlenmesi

Hiyerarşik yapıda bulunan ana ve alt kriterlerin önem düzeylerinin belirlenebilmesi için 4 uzman karar vericinin görüşü alınmıştır. Uzman karar vericilere yapılan anketlerde her bir kriterin ikili karşılaştırılması yer almaktadır. Böylece her anket için karar matrisi oluşturulmuş olup, bu karar matrislerinin geometrik ortalaması alınarak grup karar matrisi oluşturulmuştur.

Tutarlılık oranlarının hesaplanabilmesi için öncelikli olarak AHS yöntemine göre önem düzeyleri belirlenmiştir. Daha sonra Bulanık AHS yönteminin önem dereceleri tablosuna göre yeniden düzenlenmiştir.

Ana kriterler için AHS önem düzeyleri Tablo 4-2' de gösterilmiştir.

Tablo 4-2 Ana Kriterler için AHS Önem Düzeyleri

ANA KRİTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Ekonomik Değerlendirme	Finansal Değerlendirme	Sosyal ve Çevresel Değerlendirme
Ekonomik Değerlendirme	1	5,206811253	2,817313247
Finansal Değerlendirme	0,192056126	1	0,809106712
Sosyal ve Çevresel Değerlendirme	0,354948106	1,235930917	1

4.4. Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Tutarlılık, uzman karar vericilerin yapmış oldukları ikili karşılaştırmalar anketinde bulunan değerlerin, önem düzeylerinin birbirleriyle olan matematiksel ve mantıksal ilişkisi şeklinde tanımlanabilir (Önel, 2014).

AHS karar matrisi içindeki değerlerin tutarlılığını ölçmek için CR (Tutarlılık Oranı) isimli bir yöntemden yararlanılır. Bu yöntem kullanılarak yapılan hesaplamaların amacı uzman karar vericinin karşılaştırma esnasında tutarlılık gösterip göstermediğidir. Eğer CR, %10 yani 0,1 den küçük çıkar ise bu anketin tutarlı olduğunu göstermektedir. CR ne kadar küçük ise yapılan karşılaştırmalar o kadar tutarlı diyebiliriz. Eğer CR, %10 yani 0,1 den büyük ise anket yeniden uzman karar vericinin görüşüne sunulur.

CR' nin hesaplanabilmesi için kriter sayısının en az 3 olması gerekmektedir. Kriter sayısının 2 olduğu durumlarda tutarlılık hesabına ihtiyaç yoktur.

Kriterlerin göreceli önem düzeylerini hesaplamak için, her bir satırın ortalaması alınarak “kriter ağırlığı” elde edilir. Bu kriter ağırlığı için normalizasyon işlemi yapılarak “tutarlılık ölçütü” oluşturulur. Matristeki her bir satır tutarlılık ölçütü ile çarpılarak “ d_i ” olarak isimlendirilen vektör elde edilir. Daha sonra bu vektörün her bir elemanı, kriter ağırlığında karşılık gelen elemana bölüldüğünde ise elde edilen vektöre “ e_i ” olarak isimlendirilmiştir. Bu vektörün aritmetik ortalaması ise “ λ ” değerini bize verecektir. “ n ” matris sayısı olmak üzere, tutarlılık göstergesi ve tutarlılık oranı aşağıdaki formüllerden yola çıkılarak hesaplanıp tutarlılık oranını bulunur.

$$Tutarlılık\ Göstergesi\ (CI) = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

$$Tutarlılık\ Oranı\ (CR) = \frac{Tutarlılık\ Göstergesi(CI)}{Rassal\ Gösterge(RI)}$$

Tablo 4-3’ de rassal gösterge oranları matris değerlerine göre verilmiştir.

Tablo 4-3 Rassal Gösterge Oranları

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassallık Gstergesi	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Kaynak: (Saaty, The Analytic Hierarchy Process, 1980)

Ana kriterler için yapılan normalizasyon işlemleri ve tutarlılık oranı hesabı Tablo 4-4’ de örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 4-4 Ana Kriterler için Normalleştirilmiş Önem Düzeyleri ve Tutarlılık Hesaplaması

ANA KRİTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Ekonomik Değerlendirme	Finansal Değerlendirme	Sosyal ve Çevresel Değerlendirme	KRİTER AĞIRLIĞI	TUTARLILIK ÖLÇÜTÜ	d_i	e_i
Ekonomik Değerlendirme	0,646410643	0,699582376	0,608961848	0,651651622	3,035757892	1,978256555	3,035757892
Finansal Değerlendirme	0,124147124	0,134359081	0,174888298	0,144464834	3,008220414	0,434582064	3,008220414
Sosyal ve Çevresel Değerlendirme	0,229442233	0,166058543	0,216149854	0,203883543	3,010221411	0,613734607	3,010221411
				1			9,054199717
	λ	CI	CR	n	RI		
	3,018066572	0,009033286	0,015574631	3	0,58		

4.4. Bulanık AHS Önem Düzeyleri

Projemizde kullanılacak yöntem Bulanık AHS ve PROMETHEE yöntemidir. Tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için önem düzeyleri AHS yöntemine göre düzenlenmişti. Bulanık AHS yöntemini anlatırken belirtilen Bulanık AHS ölçeklendirilmesine göre tüm ana kriter ve alt kriterlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Tablo 4-5’ de ise örnek olarak ana kriterler için oluşturulmuş Bulanık AHS önem düzeyleri gösterilmiştir.

Tablo 4-5 Ana Kriterler için Bulanık AHS Önem Düzeyleri

ANA KRİTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Ekonomik Değerlendirme			Finansal Değerlendirme			Sosyal ve Çevresel Değerlendirme		
	Ekonomik Değerlendirme	1	1	1	1,581	2,06	2,603	1,514	1,861
Finansal Değerlendirme	0,384	0,485	0,632	1	1	1	0,661	0,76	0,88
Sosyal ve Çevresel Değerlendirme	0,442	0,537	0,661	1,136	1,316	1,514	1	1	1

4.5. Buckley Yaklaşımı Uygulaması

Projemizde yer alan ana ve alt kriterlerin yerel ağırlıkları hesaplanırken; Bulanık AHS önem düzeylerinin yer aldığı tabloda ilgili kriterin bulunduğu satırların geometrik ortalaması alınarak bulunmuştur.

Tablo 4-6 Yerel ve Global Ağırlıkların Hesaplanması

	Ekonomik Değerlendirme		Finansal Değerlendirme		
YEREL	0,491557193		0,227225102		
	Ekonomik İç Verimlilik Oranı (E-IRR)	Ekonomik Fayda	Toplam İşletme Giderleri	Proje Yapım Maliyeti	Finansal İç Verimlilik Oranı (F-IRR)
YEREL	0,647512439	0,352487561	0,431465213	0,318308383	0,250226404
GLOBAL	0,318289397	0,173267796	0,098039727	0,072327655	0,05685772
	Sosyal ve Çevresel Değerlendirme				
YEREL	0,281217704				
	Genel Talep	Kentsel Gelişime Uygunluk	Acil İhtiyaç Durumu	Sosyal Değerlendirme	Doğal Değerlendirme
YEREL	0,21271687	0,232294242	0,205303938	0,161683685	0,188001265
GLOBAL	0,05981975	0,065325253	0,057735102	0,045468315	0,052869284

Tablo 4-6' ya göre ana kriterlerin yerel ağırlıkları değerlendirildiğinde “Ekonomik Değerlendirme” %49 ile ana kriterler arasında en önemli kriter olduğu görülmüştür. “Finansal Değerlendirme” %23 ve “Sosyal ve Çevresel Değerlendirme” ise %28 olarak hesaplanmıştır.

“Ekonomik Değerlendirme” için önem düzeylerine göre hesaplama yapıldığında ise “Ekonomik İç Verimlilik Oranı (E-IRR)” %65 ve “Ekonomik Fayda” %35 olarak bulunmuştur.

“Finansal Değerlendirme” önem düzeylerine göre yerel ağırlıklar değerlendirildiğinde “Toplam İşletme Giderleri” %43, “Proje Yapım Maliyeti” %32 ve “Finansal İç Verimlilik Oranı (F-IRR)” %25 olarak sıralayabiliriz.

“Sosyal ve Çevresel Değerlendirme” alt kriterlerin yerel ağırlıkları birbirlerine yaklaşık olarak dağılmış olduğu gözlemlenmiştir. “Genel Talep” %21, “Kentsel Gelişime Uygunluk” %23, “Acil İhtiyaç Durumu” %21, “Sosyal Değerlendirme” %16, “Doğal Değerlendirme” %19 olarak tespit edilmiştir.

Bu değerlendirmeye göre tüm alt kriterler arasında raylı sistem projelerinin önceliklendirilmesinde en büyük etkiyi %31 global ağırlığa sahip “Ekonomik İç Verimlilik Oranı (E-IRR)” gösterecektir.

4.6. PROMETHEE Yönteminin Uygulanması

PROMETHEE yöntemi ile alternatiflerin sıralaması yapılması için “Visual PROMETHEE” programından yararlanılmıştır.

İlk olarak Visual PROMETHEE programında hiyerarşik yapı oluşturulmuş olup, her bir kriter ve alt kriterler için global ağırlıkları Şekil 4-2’ de olduğu gibi girilmiştir.

RAYLI SİSTEMLER	-	100,0%	+	<input type="checkbox"/>	100%
Ekonomik	-	49,4%	+	<input type="checkbox"/>	49%
Ekonomik İç Verimlilik	-	32,0%	+	<input type="checkbox"/>	32%
Ekonomik Fayda	-	17,4%	+	<input type="checkbox"/>	17%
Finansal	-	22,7%	+	<input type="checkbox"/>	23%
Toplam İşletme Giderleri	-	9,8%	+	<input type="checkbox"/>	10%
Proje Yapım Maliyeti	-	7,2%	+	<input type="checkbox"/>	7%
Finansal İç Verimlilik	-	5,6%	+	<input type="checkbox"/>	6%
Sosyal ve Çevresel	-	27,9%	+	<input type="checkbox"/>	28%
Genel Talep	-	5,9%	+	<input type="checkbox"/>	6%
Kentsel Gelişime	-	6,5%	+	<input type="checkbox"/>	7%
Acil İhtiyaç Durumu	-	5,7%	+	<input type="checkbox"/>	6%
Sosyal Değerlendirme	-	4,5%	+	<input type="checkbox"/>	5%
Doğal Değerlendirme	-	5,2%	+	<input type="checkbox"/>	5%

Şekil 4-2 Visual PROMETHEE Hiyerarşik Yapı ve Ağırlık Oranları

Şekil 4-3’ de alınan uygulama görüntüsünde de görüleceği üzere kriterler için tercih fonksiyonları, kriter birimleri ve skala sistemleri, standart sapma değerleri girilmiştir.

	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RAYLI SİSTEM PRO...	Ekonomik İç...	Ekonomik Fa...	Toplam İşlet...	Proje Yapım...	Finansal İç V...	Genel Talep	Kentsel Geliş...	Acil İhtiyaç D...	Sosyal Değ...	Doğal Değeri...
Unit	%	milyon \$	milyon \$	milyon \$	%	Değerlendirme	Değerlendirme	Değerlendirme	Değerlendirme	Değerlendirme
Cluster/Group	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Preferences										
Min/Max	max	max	min	min	max	max	max	max	max	max
Weight	0,32	0,17	0,10	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,05
Preference Fn.	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	37,65	\$ 859,50	\$ 16,97	\$ 775,16	12,84	0,74	0,60	0,67	0,59	0,41
Statistics										
Minimum	0,00	\$ 0,00	\$ 1,30	\$ 86,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
Maximum	206,54	\$ 5.072,00	\$ 93,48	\$ 2.984,10	49,10	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Average	32,92	\$ 473,30	\$ 14,65	\$ 949,89	18,08	2,24	2,58	1,91	2,64	2,79
Standard Dev.	37,65	\$ 859,50	\$ 16,97	\$ 775,16	12,84	0,74	0,60	0,67	0,59	0,41

Şekil 4-3 Visual PROMETHEE Uygulama Aşamaları

Her bir kriter için tercih fonksiyonu belirlenmiştir. Kriter değerlerinin ortalamadan sapma değerleri belirleyeceği için her kriter için “Altıncı Tip (Gaussian)” tercih fonksiyonu uygun görülmüştür.

Kriterler için birimler ve aralıklar belirlenmiştir. Maliyet kriterlerinde “milyon \$”, verimlilik değerlerinde “yüzdeler (%)” ve “Sosyal ve Çevresel Değerlendirme” faktörleri için her bir harfe karşılık sayısal değeri bulunan yeni bir skala eklenmiştir.

Kriterlerin her bir projedeki değerlerin önem dereceleri artana göre önemli ya da azalana göre önemli olup olmamasına göre “Min/Max” için gerekli seçim yapılmıştır.

Projede yer alan 33 raylı sistem projesi yani alternatif bulunmaktadır. Her bir projenin, her bir kriter için sayısal karşılığı ya da sayısal karşılık gelecek şekilde bir değerlendirme tablosu bulunmaktadır. Çünkü İUAP kapsamında alınan verilere göre “Ekonomik Değerlendirme” ve “Finansal Değerlendirme” için sayısal veri bulunmakta fakat “Sosyal ve Çevresel Değerlendirme” için A, B ve C şeklinde sınıflandırma yapılmıştır. Bu durum Tablo 4-7’ de gösterilmiştir.

Tablo 4-7 İUAP Sosyal ve Çevresel Değerlendirme Gösterge Çizelgesi

Gösterge	A	B	C
Doğal	Etkili Değil	Biraz Etkili	Oldukça Etkili
Sosyal	Etkili Değil	Biraz Etkili	Oldukça Etkili

Kaynak: (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011)

Tablo 4-7' ye göre A harfine sahip alternatif daha yüksek önem derecesine sahiptir. Örneğin; “Doğal Değerlendirme” için bir alternatif A değeri alıyorsa, yapılacak altyapı çalışmaları için herhangi bir engel olmadığı anlamına gelmektedir. Bu durumu “Visual PROMETHEE” de sayısal hale getirmek için Şekil 4-4' deki gibi nitel gösterge çizelgesi oluşturulmuştur.

Şekil 4-4 Visual PROMETHEE Gösterge Çizelgesi Sistemi

Şekil 4-4' e göre C değerinin minimum seviyede olabilmesi için “1” verilmiştir. Buna göre sırasıyla B değeri “2”, C değeri de “3” olmuştur.

“Ekonomik Değerlendirme” ve “Finansal Değerlendirme” kriterlerine ait sayısal değerler ile “Sosyal ve Çevresel Değerlendirme” kriterine ait harflendirme sistemine göre tüm alternatiflerdeki karşılığı EK-B’ de verilmiştir. EK-B’ de yer alan değerler Şekil 4-5’ de görüldüğü gibi “Visual PROMETHEE” programına eklenmiştir.

	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
● RAYLI SİSTEM PRO...	Ekonomik İç...	Ekonomik Fa...	Toplam İşlet...	Proje Yapım...	Finansal İç V...	Genel Talep	Kentsel Geliş...	Acil İhtiyaç D...	Sosyal Değ...	Doğal Değerl...
Unit	%	milyon \$	milyon \$	milyon \$	%	Değerlendirme	Değerlendirme	Değerlendirme	Değerlendirme	Değerlendirme
Cluster/Group	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Preferences										
Statistics										
Evaluations										
✓ Üsküdar-Çekmeköy	14,08	\$ 330,00	\$ 16,00	\$ 1.545,00	19,50	A	A	A	A	A
✓ Bakırköy-Beylikdüzü	32,79	\$ 327,00	\$ 16,30	\$ 1.399,00	22,70	A	A	A	A	B
✓ Bakırköy-Bahçel...	57,70	\$ 259,00	\$ 5,87	\$ 654,90	35,60	A	A	A	A	A
✓ Kabataş-Besiktas...	76,40	\$ 949,00	\$ 16,30	\$ 1.743,40	25,10	A	A	B	A	A
✓ Yenikapı-Bakırköy	109,51	\$ 401,00	\$ 4,57	\$ 518,00	49,10	A	A	B	A	A

Şekil 4-5 Visual PROMETHEE Alternatif Değerlendirme Tablosu

Yukarıda da belirtildiği gibi alternatif verileri, kriter ağırlıkları, tercih fonksiyonları ve parametre değerleri girildikten sonra tam sıralama işlemi negatif ve pozitif üstünlük değerlerini kullanarak elde edilen net üstünlük değerine göre yapmaktadır. Tam sıralama sonuçları Tablo 4-8’ de gösterilmiştir.

Tablo 4-8 Visual PROMETHEE Tam Sıralama Sonuçları

Rank	Action	Phi	Phi+	Phi-
1	İkitelli-Habipler	0,5886	0,6174	0,0288
2	Yenikapı-Bakırköy	0,4144	0,4432	0,0288
3	Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	0,2583	0,3342	0,0759
4	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	0,2425	0,2782	0,0356
5	Tekstilkent-İstoç-Olimpiyatköyü-Ispartakule	0,1615	0,2093	0,0478
6	Ispartakule-Kıraç-Büyükçekmece-Silivri	0,1034	0,2033	0,0999
7	Haliç Çevresi	0,0397	0,1674	0,1277
8	Şişhane-Kulaksız-Cemal Kamacı	0,0357	0,1814	0,1458
9	Bakırköy-Beylikdüzü	0,0298	0,1485	0,1188
10	Üsküdar-Çekmeköy	0,024	0,1324	0,1084
11	Kadıköy-Sultanbeyli	0,0141	0,1159	0,1017
12	Sultançiftliği-Arnavutköy	0,0096	0,1152	0,1056
13	Ataşehir Havaray	0,0069	0,1312	0,1243
14	Taşdelen-Tuzla	0,0039	0,1288	0,1249
15	Bağcılar-Halkalı	0,0003	0,1067	0,1064
16	Yenibosna-İkitelli	-0,0008	0,098	0,0988
17	Hisarüstü Raylı Sistemi	-0,0196	0,1188	0,1384
18	Tuzla Tramvay Sistemi	-0,0275	0,122	0,1496
19	Bostancı-Kazlıçeşme	-0,0277	0,1396	0,1673
20	Kartal D100-Kartal IDO	-0,0338	0,1346	0,1684
21	Söğütluçeşme-İncirli	-0,0356	0,1	0,1356
22	Söğütluçeşme-Gayrettepe	-0,0487	0,083	0,1317
23	Ünalan-Mecidiyeköy	-0,0581	0,1154	0,1735
24	Maltepe Havaray	-0,072	0,1073	0,1793
25	Söğütluçeşme-Kazlıçeşme	-0,0934	0,0788	0,1722
26	Sabiha Gökçen Havaalanı-Formula 1	-0,1129	0,0907	0,2036
27	Kadıköy-Kazlıçeşme	-0,1154	0,094	0,2094
28	4.Levent-Gültepe-Çeliktepe	-0,1213	0,0866	0,208
29	Silivri-Gümüşyaka	-0,1837	0,055	0,2387
30	Ispartakule-Beylikdüzü-Avcılar	-0,1931	0,0567	0,2499
31	Üsküdar-Beykoz	-0,2036	0,0445	0,2481
32	Beşiktaş-Sarıyer	-0,2429	0,0425	0,2854
33	Silivri-Selimpaşa Havaray	-0,3427	0,0266	0,3693

Değerlendirme sonuçlarına göre “İkitelli-Habipler” raylı sistem hattı en iyi proje olarak belirlenmiştir. Bu hattın net üstünlük değeri ise 0,5886 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre yapılması gereken en son raylı sistem hattı ise “Silivri-Selimpaşa” projesidir. Bu projenin net üstünlük değeri negatif olarak görülmüş ve –0,3427 olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇ

Visual PROMETHEE uygulamasından elde edilen sonuçlar incelendiğinde “İkitelli-Habipler” projesinin en iyi çözüm olarak belirlenmesinde “Ekonomik Değerlendirme” değerlerinin etkisi büyüktür. Ana kriterlerden olan “Ekonomik Değerlendirme” %49 oran ile en önemli etkiye sahipti. Bu değerlendirme içerisinde bulunan alt kriterlerde en etkili değerlerin “İkitelli-Habipler” hattına ait olması bu projenin en iyi alternatif olmasında büyük bir rol oynamıştır. Bu hattın ekonomik giderlerinin düşük olmasının sebebi tramvay hattı olmasından ötürüdür. Tramvay hattında herhangi bir yer altı çalışması, geniş bir geçiş alan gibi büyük bir istasyon tasarımına gereksinim duyulmadığından ötürü maliyeti ve işletme giderleri çok düşüktür.

Visual PROMETHEE uygulamasından elde edilen sonuçlardan bir diğeri incelendiğinde ise “Silivri-Selimpaşa” raylı sistem hattının ise en kötü alternatif olarak belirlenmesinde yapım maliyeti, işletme giderleri gibi ekonomik ve finansal kriterlerinde mali yükümlülüğün fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca hattın yapılması planlanan ilçelerde nüfusun az olması ve doğal olarak trafik yoğunluğunun bulunmaması genel talep ve acil ihtiyaç olmadığını göstermektedir. Bu sebeple bu hattın en kötü alternatif olarak değerlendirilmesi normal gözükmemektedir.

İUAP kapsamındaki raylı sistem projeleri hatta karayolu projeleri dahil tüm projeler değerlendirilmeye alınmıştır. İUAP kapsamında yer alan raylı sistem projelerinin değerlendirilmesinin bir bölümü, değerlendirilmeden bir kısmını Şekil 5-1’ te gösterilmiştir.

Kod	Hat Adı	E-IRR	Genel Talep	Kentsel Gelişimle Uyumluluk	F-IRR	Sosyal Değerlendirme	Doğal Değerlendirme	Acil İhtiyaç Durumu	Genel Değerlendirme
T-1	Üsküdar-Çekmeköy	B	A	A	A	A	A	A	AAAAAAB
T-2	Bakırköy-Beylikdüzü	B	A	A	A	A	B	A	AAAAABB
D-1	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	B	A	A	A	A	A	A	AAAAAAB
D-2	Kabataş-Besiktas-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	A	A	A	A	A	A	B	AAAAAAB
D-3	Yenikapı-Bakırköy	A	A	A	A	A	A	B	AAAAAAB

Kaynak: (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011)

Şekil 5-1 İUAP Raylı Sistemlerin Önceliklendirilmesi

Şekil 5-1' i incelediğimizde kriterlerin sayısal değerlerine karşılık gelen A,B ve C şeklinde gösterge çizelgesi uygulanmış. Bu gösterge çizelgesi Tablo 5-1' deki gibi gösterilmiştir.

Tablo 5-1 İUAP E-IRR ve F-IRR Gösterge Çizelgesi

Gösterge	A	B	C
E-IRR	$x > \%60$	$\%60 > x > \%15$	$\%15 > x$
F-IRR	$x > \%15$	$\%15 > x > \%5$	$\%15 > x$ veya geliri yok

Kaynak: (Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011)

Tablo 5-1' e göre; “Ekonomik İç Verimlilik Oranı (E-IRR)” % 60' tan büyük ise A değerini almış. %15' den küçük ise C değerini almış. %15 ile %60 değerine karşılık gelen alternatifleri ise B değerini almış. Bu şekilde bir değerlendirmeye göre yine örnek olarak verecek olursak “İkitelli-Habipler” hattının %206,4 ile A değerini alırken, “Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar” hattı da %76,4 ile yine A değerini almış olmaktadır. Böyle bir durumda aralarındaki fark çok fazla olmasına rağmen aynı kategoride değerlendirilmiş olmaktadır. Bu şekilde yapılan bir değerlendirmede farklılıkları ayırt etmek daha güç olur ve sonucu tam olarak doğru bir şekilde yansıtmayabilir.

İUAP kapsamında farklı açılardan da değerlendirilmeye tabii tutulmuştur. Bu farklı değerlendirmeleri ise aşağıdaki gibi açıklayabiliriz;

- Merkezi bölgelerin erişimini kolaylaştıracak ağ yapısının kurgulanması
- Ana ulaşım merkezlerinden en yüksek düzeyde verim elde edilmesi ve şehiriçi yollar ile bütünleştirilmesi
- Havalimanı ve lojistik merkezler arasındaki bağlantıların geliştirilmesi ve arazi kullanım planını desteklemesi

gibi kriterler esas alınmıştır. Bu duruma göre İUAP kapsamındaki değerlendirmeler ile yapılan uygulamadaki değerlendirmeler farklı çıkmıştır.

Teknoloji çağında çok hızla gelişerek değişen yaşam ve iş hayatı koşulları insanlar ya da kurumlar karar alırken en doğru kararı vermek istemektedirler. Karar verme süreci insan hayatının ve kurumların her anında sıklıkla karşılaştığı önemli bir süreçtir. Gündelik hayatımızda bireysel olarak alınan kararlar, kurumların yapacağı yatırımlar ve projeler bu sürecin bir parçasıdır.

Bu süreç her zaman zorlu bir süreç olmuştur. Çünkü tercih yaparken bir çok kriterin bulunduğu durumda bir çok alternatif içinden seçim yapmayı gerektirebilir. Böyle bir durum ile karşılaşıldığında en iyi sonuca varılabilmesi veya önceliklendirilmesi için mutlaka bilimsel yöntemlerden yararlanılması gerekmektedir. Bu tür karar verme süreçlerinde yardımcı olacak bir çok karar verme yöntemi bilim adamları tarafından bulunmuş ve geliştirilmiştir.

Bu çalışmada ise İBB' nin planlanmış olan raylı sistem projelerinin önceliklendirilmesi ele alınmıştır. Bu çalışmada Bulanık AHS yöntemi ile PROMETHEE yöntemi entegre bir şekilde kullanılmıştır. İki yöntemin entegre bir şekilde kullanılmasının en önemli sebebi bu yöntemlerden en iyi şekilde faydalanmak ve bizi daha doğru sonuca ulaştırılması içindir.

Çalışmamıza konu olan 33 adet planlanan raylı sistem projesi bulunmaktadır. Bu projeleri ise 3 ana kriterin içerisinde yer alan 10 alt kriter ile birlikte değerlendirmeye alınmış ve buna göre hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. İBB' de çalışan 4 uzman karar verici için anket hazırlanmış olup, anket sonuçlarını AHS yöntemi ile değerlendirilmeye tabii tutulmuştur. AHS yönteminin burada devreye girmesinin en önemli sebebi anket sonuçlarının tutarlılığının incelenmesidir. Değerlendirme sonucuna göre anketlerin tutarlı olduğu görülmüştür. Daha sonra Bulanık AHS yöntemlerinden olan Buckley Yaklaşımı ile yerel ve global ağırlıklar hesaplanmıştır. Son olarak bulunan yerel ve global ağırlıklar her bir kriter için Visual PROMETHEE programına girilerek pozitif ve negatif öncelik değerlerine göre net öncelik değerlerine göre sıralama yapılmıştır.

Bu çalışma ile raylı sistem projelerinin önceliklendirilmesinde İBB' ye veya ülkemiz için yapılacak olan tüm çalışmalarda, yatırımlarda daha doğru bir sonuca ulaştırmak ve katkı sağlanmak arzu edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Anlağan, M. A. (2015). Kent İçi Raylı Sistem Hatlarının Entegrasyonu: Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat Metro (M3) Hattının Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Ayhan, M. B. (2013). A Fuzzy AHP Approach for Supplier Selection Problem: A Case Study in a Gearmotor Company. *Department of Industrial Engineering, Marmara University*, 11-23.
- Bal, A. (2014). Bulanık AHP Yöntemi ile Performans Kriterlerinin Önceliklendirilmesi: Otomatik Sektöründe Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi SBE.
- Biröl, B. (2014). Kentiçi Raylı Sistemler ve Metrobüs İşletme Maliyeti Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). A Preference Ranking Organization Method: The Promethee Method for MCDM. 647-656.
- Brans, J. P., Vincke, P. H., & Mareschall, B. (1986). How to Select and how to Rank Projects: The Promethee Method. *European Journal of Operational Research*, (s. 228-238).
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 233-247.
- Cengiz, D. (2012). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Karşılaştırmalı Analiz. *Yüksek Lisans Tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, (s. 649-655).
- Cheng, C. H. (1996). Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on the Grade Value of Membership Function. *European Journal of Operational Research*, 343-350.
- Çakır, M. (2010). Entegre Olmuş Ulaşım Sistemlerinin Yolculuk Talebindeki Değişiminin İncelenmesi; Şişhane-Atatürk oto Sanayi Raylı Sistem Hattı Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Dağdeviren, M. (2007). Performans Değerlendirme Sürecinin Bulanık AHP ile

- Bütünleşik Modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 268-282.
- Deli, A. (2015). İstanbul Metrobüs Sisteminin Analizi ve Kapasite Artırım Önerisi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Üniversitesi FBE.
- Demirci, İ. (2014). Raylı Sistemlerde Yüksek Yolcu Kapasitesi için Sinyalizasyon Sistemlerinin Optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Demirdağ, M. N. (2007). Kentiçi Raylı Sistemlerde Hat Bakım ve Maliyeti. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Dursun, E. (2009). Bulanık AHP Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Dursun, H. (2013). Raylı Sistemlerin Gelişimi ve Kentiçi Raylı ve Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Sistemlerinin Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Ekin, E. (2014). Promethee Yöntemi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. Marmara Üniversitesi SBE.
- Enea, M., & Piazza, T. (2004). Project Selection by Constrained Fuzzy AHP. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 39-62.
- Eraslan, E., & Dağdeviren, M. (2008). Promethee Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 69-75.
- Erdaloğlu, N. (2009). Metro İstasyonlarında Yolcu Hareketlerinin İncelenmesi, İstanbul Metrosu Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Erdem, B. (2014). İstanbul Metrobüs Hattındaki Aktarma Durakları Senaryolarının İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Genç, T. (2013). PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi*, 133-154.
- Göksu, A., & Güngör, İ. (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1-26.

- Gül, M., Çelik, E., Güneri, A. F., & Gümüş, A. T. (2012). Simülasyon ile Bütünleşik Çok Kriterli Karar Verme: Bir Hastane Acil Departmanı için Senaryo Seçimi Uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1-18.
- Güven, G. (2008). Metrobüs Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- Karaca, Y. (2011). Çok Kriterli Karar Verme Metotları ve Analitik Hiyerarşi Süreci İle Matematik Eğitimi Alanında Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. Bozok Üniversitesi SBE.
- Keskin, M. (2014). GSM Operatörlerine Yönelik Müşteri Memnuniyetinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Ölçülmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Gazi Üniversitesi FBE.
- Kılıç, O., & Çerçioğlu, H. (2016). TCDD İltisak Hatları Projelerinin Değerlendirilmesinde Uzlaşık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri Uygulaması. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 211-220.
- Kırlangıçoğlu, C. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergah Tasarımı: İstanbul Örneği. *Doktora Tezi*. İstanbul Üniversitesi SBE.
- Koçdağ, V. (2013). AHS ve Promethee Yöntemleri ile Proje Tercih Sıralamasının Çok Ölçütlü Olarak Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Kocaeli Üniversitesi FBE.
- Kücü, H. (2007). Promethee Sıralama Yöntemi ile Personel Seçimi ve Bir İşletmede Uygulanması. *Yüksek Lisans Tezi*. Gazi Üniversitesi FBE.
- Meydan, D. A. (2011). Türkiye' nin Uzun Vadeli Doğal Gaz Stratejik Hedeflerine Yönelik Senayoların Bulanık AHP Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Kocaeli Üniversitesi FBE.
- Mikhailov, L. (2003). Deriving Priorities from Fuzzy Pairwise Comparison Judgements. *Fuzzy Sets and Systems*, 365-385.
- Murat, S., & Şahin, L. (2010). *Dünden Bugüne İstanbul' da Ulaşım*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Murteza, M. (2010). Raylı Sistem Yatırımları Fizibilite Etütleri ve Yapım Yöntemleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Mutlu, G. (2013). Kent İçi Raylı Sistemler (İstanbul Ulaşım) Elektrik Tesisler

- Uygulamaları ve Ekonomik Analiz. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods. *European Journal of Operational Research*, (s. 514-529).
- Ömürbek, N., Karaatlı, M., Eren, H., & Şanlı, B. (2014). AHP Temelli Promethee Sıralama Yöntemi ile Hafif Ticari Araç Seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 47-64.
- Önel, C. B. (2014). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*. Çukurova Üniversitesi FBE.
- Özbıyık, G. (2010). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile ISISAN A.Ş.'de Üret veya Satın Al. *Yüksek Lisans Tezi*. Erciyes Üniversitesi FBE.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001). *Models, Methods, Concept and Applications of The Analytic Hierarchy Process*. London.
- Şahin, T. (2014). AHP VE Promethee Yöntemine Dayalı ERP Sistem Seçimi: STK' larda Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. Süleyman Demirel Üniversitesi SBE.
- Şengül, Ü., Eren, M., & Shiraz, S. E. (2012). Bulanık AHP ile Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 143-165.
- Şimşek, K. (2011). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Hastane Yer Seçimi ve Örnek Bir Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*. Atatürk Üniversitesi FBE.
- Taşkın, M. (2010). Kent İçi Raylı Sistemlerde Hat Bakım ve İşletme Maliyetleri. *Yüksek Lisans Tezi*. OnDokuzMayıs Üniversitesi FBE.
- Topaloğlu, H. M. (2010). 2004-2023 İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Yatırımlarının İstanbul' a Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Toprakal, E. (2009). Raylı Sistemlerde Kapasite Analizi ve İstanbul Aksaray-Havalimanı Hattı için Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- Ulaşım Planlama Müdürlüğü. (2011). *İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel*

Ulaşım Ana Planı (İUAP). İstanbul.

- Uzun, S. (2015). Gemi İnşa Sürecinde Ana Makine ve Jeneratör Seçimi: AHP, TOPSIS VE PROMETHEE Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*. Gebze Teknik Üniversitesi SBE.
- Ünver, M. (2013). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*. Karabük Üniversitesi FBE.
- Üzgün, T. (2006). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 229-241.
- Van Laarhoven, P., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 229-241.
- Yalçın, U. (2007). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Rüzgar Enerjisi Santral Yeri Seçimi. *Yüksek Lisans Tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- Yıldırım, E. (2013). Kentsel Raylı Sistemlerin Planlanması Bursa Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Yılmaz, E. (2012). Bulanık AHP - VIKOR Bütünleşik Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B Dergisi*, 331-354.
- Yılmaz, Ş. (2012). Metrobüs Sisteminin İncelenmesi ve Sosyal, Çevresel, Ekonomik Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Yurdagül, E. (2012). İstanbul Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs Sisteminin Bileşenlerinin Değerlendirilmesi ve Dünyadaki Metrobüs Sistemleri ile Karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 338-353.

EK-A

Ek-A Tablo 1 Örnek Anket Tablosu

ANA KRİTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ											
Soru Numarası	Kriter	Kesin Önemli	Çok Önemli	Daha Fazla Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Daha Fazla Önemli	Çok Önemli	Kesin Önemli	Kriter
1	Ekonomik Değerlendirme										Finansal Değerlendirme
2	Ekonomik Değerlendirme										Sosyal ve Çevresel Değerlendirme
3	Finansal Değerlendirme										Sosyal ve Çevresel Değerlendirme
EKONOMİK DEĞERLENDİRME											
4	Ekonomik İç Verimlilik Oranı (E-IRR)										Ekonomik Fayda
FİNANSAL DEĞERLENDİRME											
5	Toplam İşletme Giderleri										Proje Yapım Maliyeti
6	Toplam İşletme Giderleri										Finansal İç Verimlilik Oranı (F-IRR)
7	Proje Yapım Maliyeti										Finansal İç Verimlilik Oranı (F-IRR)
SOSYAL VE ÇEVRESEL DEĞERLENDİRME											
8	Genel Talep										Kentsel Gelişime Uygunluk
9	Genel Talep										Acil İhtiyaç Durumu
10	Genel Talep										Sosyal Değerlendirme
11	Genel Talep										Doğal Değerlendirme
12	Kentsel Gelişime Uygunluk										Acil İhtiyaç Durumu
13	Kentsel Gelişime Uygunluk										Sosyal Değerlendirme
14	Kentsel Gelişime Uygunluk										Doğal Değerlendirme
15	Acil İhtiyaç Durumu										Sosyal Değerlendirme
16	Acil İhtiyaç Durumu										Doğal Değerlendirme
17	Sosyal Değerlendirme										Doğal Değerlendirme

EK-B

Ek-B Tablo 1 Alternatiflerin Ekonomik Değerlendirilmesi

KOD	PROJE İSMİ	Ekonomik İç Verimlilik Oranı (E-IRR)	Ekonomik Fayda
T-1	Üsküdar-Çekmeköy	14,08	330
T-2	Bakırköy-Beylikdüzü	32,79	327
D-1	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	57,70	259
D-2	Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	76,40	949
D-3	Yenikapı-Bakırköy	109,51	401
D-4	Haliç Çevresi	32,45	100
D-5	Yenibosna-İkitelli	18,20	267
D-6	Şişhane-Kulaksız-Cemal Kamacı	46,18	68
P1-1	Bağcılar-Halkalı	13,39	88
P1-2	Tekstilkent-İstoç-Olimpiyatköyü-Ispartakule	39,20	742
P2-1	Kartal D100-Kartal IDO	42,36	85
P2-2	Sabiha Gökçen Havaalanı-Formula 1	35,06	108
P2-4	4.Levent-Gültepe-Çeliktepe	33,36	82
P2-5	Beşiktaş-Sarıyer	0,81	63
P2-6	Ispartakule-Beylikdüzü-Avcılar	0,00	0
P2-7	Ispartakule-Kıraç-Büyükçekmece-Silivri	40,06	1021
P2-8	Üsküdar-Beykoz	17,28	403
P2-11	Taşdelen-Tuzla	23,00	622
PP-1	Ataşehir Havaray	24,58	99
PP-3	Kadıköy-Sultanbeyli	20,10	549
PP-4	İkitelli-Habipler	206,54	5072
PP-6	Silivri-Gümüşyaka	11,17	341
PP-7	Sultançiftliği-Arnavutköy	28,04	444
PP-8	Tuzla Tramvay Sistemi	5,00	97
PP-9	Maltepe Havaray	34,99	92
PP-11	Hisarüstü Raylı Sistemi	18,60	110
PP-12	Silivri-Selimpaşa Havaray	0,00	101
PBH-1	Kadıköy-Kazlıçeşme	13,20	676
PBH-2	Söğütlüçeşme-Kazlıçeşme	8,28	229
PBH-3	Söğütlüçeşme-Gayrettepe	23,11	109
PBH-4	Bostancı-Kazlıçeşme	18,08	945
PBH-5	Ünalan-Mecidiyeköy	28,44	464
PBH-6	Söğütlüçeşme-İncirli	99	376

Ek-B Tablo 2 Alternatiflerin Finansal Değerlendirilmesi

KOD	PROJE İSMİ	Toplam İşletme Giderleri	Proje Yapım Maliyeti	Finansal İç Verimlilik Oranı (F-IRR)
T-1	Üsküdar-Çekmeköy	16,00	1545,00	19,5
T-2	Bakırköy-Beylikdüzü	16,30	1399,00	22,7
D-1	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	5,87	654,90	35,6
D-2	Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	16,30	1743,40	25,1
D-3	Yenikapı-Bakırköy	4,57	518,00	49,1
D-4	Haliç Çevresi	6,80	153,30	36,6
D-5	Yenibosna-İkitelli	9,33	886,10	17,7
D-6	Şişhane-Kulaksız-Cemal Kamacı	4,11	145,00	37,1
P1-1	Bağcılar-Halkalı	4,89	429,00	15,6
P1-2	Tekstilkent-İstoç-Olimpiyatköyü-Ispartakule	7,84	913,90	41,7
P2-1	Kartal D100-Kartal IDO	2,12	86,00	12,5
P2-2	Sabiha Gökçen Havaalanı-Formula 1	5,45	148,80	12,1
P2-4	4.Levent-Gültepe-Çeliktepe	6,09	160,80	10,3
P2-5	Beşiktaş-Sarıyer	10,28	1094,60	0,0
P2-6	Ispartakule-Beylikdüzü-Avcılar	10,00	512,30	2,0
P2-7	Ispartakule-Kıraç-Büyükçekmece-Silivri	9,00	635,70	32,7
P2-8	Üsküdar-Beykoz	12,41	1283,20	5,6
P2-11	Taşdelen-Tuzla	12,97	1456,60	28,1
PP-1	Ataşehir Havaray	7,43	214,90	0,0
PP-3	Kadıköy-Sultanbeyli	14,00	1575,60	16,4
PP-4	İkitelli-Habipler	1,30	209,90	22,6
PP-6	Silivri-Gümüşyaka	29,14	1956,00	12,5
PP-7	Sultançiftliği-Arnavutköy	7,50	238,60	9,3
PP-8	Tuzla Tramvay Sistemi	21,65	324,40	28,9
PP-9	Maltepe Havaray	2,55	120,70	0,0
PP-11	Hisarüstü Raylı Sistemi	3,00	347,80	1,0
PP-12	Silivri-Selimpaşa Havaray	49,09	1197,10	0,9
PBH-1	Kadıköy-Kazlıçeşme	26,42	2921,46	14,2
PBH-2	Söğütliceşme-Kazlıçeşme	14,55	1646,98	11,3
PBH-3	Söğütliceşme-Gayrettepe	7,83	926,44	15,3
PBH-4	Bostancı-Kazlıçeşme	27,34	2984,10	17,9
PBH-5	Ünalan-Mecidiyeköy	93,48	914,12	27,1
PBH-6	Söğütliceşme-İncirli	18,00	2002,68	15,2

Ek-B Tablo 3 Alternatiflerin Sosyal ve Çevresel Değerlendirilmesi

KOD	PROJE İSMİ	Genel Talep	Kentsel Gelişime Uygunluk	Acil İhtiyaç Durumu	Sosyal Değerlendirme	Doğal Değerlendirme
T-1	Üsküdar-Çekmeköy	A	A	A	A	A
T-2	Bakırköy-Beylikdüzü	A	A	A	A	B
D-1	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	A	A	A	A	A
D-2	Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	A	A	B	A	A
D-3	Yenikapı-Bakırköy	A	A	B	A	A
D-4	Haliç Çevresi	B	A	A	B	B
D-5	Yenibosna-İkitelli	B	A	B	A	A
D-6	Şişhane-Kulaksız-Cemal Kamacı	B	A	B	C	B
P1-1	Bağcılar-Halkalı	B	A	B	A	A
P1-2	Tekstilkent-İstoc-Olimpiyatköyü-Ispartakule	A	A	B	A	A
P2-1	Kartal D100-Kartal IDO	B	A	C	B	B
P2-2	Sabiha Gökçen Havaalanı-Formula 1	B	B	C	B	B
P2-4	4.Levent-Gültepe-Çeliktepe	C	B	C	C	A
P2-5	Beşiktaş-Sarıyer	C	C	C	A	A
P2-6	Ispartakule-Beylikdüzü-Avcılar	C	B	C	A	A
P2-7	Ispartakule-Kıraç-Büyükçekmece-Silivri	A	B	C	A	A
P2-8	Üsküdar-Beykoz	B	C	C	A	B
P2-11	Taşdelen-Tuzla	A	A	B	A	B
PP-1	Ataşehir Havaray	C	A	A	A	A
PP-3	Kadıköy-Sultanbeyli	A	A	B	A	A
PP-4	İkitelli-Habipler	B	A	B	A	A
PP-6	Silivri-Gümüşyaka	B	A	C	B	A
PP-7	Sultançiftliği-Arnavutköy	B	A	B	B	A
PP-8	Tuzla Tramvay Sistemi	A	A	B	B	A
PP-9	Maltepe Havaray	C	B	B	B	A
PP-11	Hisarüstü Raylı Sistemi	B	B	A	A	A
PP-12	Silivri-Selimpaşa Havaray	C	B	C	B	A
PBH-1	Kadıköy-Kazlıçeşme	A	B	B	A	A
PBH-2	Söğütluçeşme-Kazlıçeşme	A	B	B	A	A
PBH-3	Söğütluçeşme-Gayrettepe	B	B	B	A	A
PBH-4	Bostancı-Kazlıçeşme	A	A	B	A	A
PBH-5	Ünalan-Mecidiyeköy	B	A	B	A	A
PBH-6	Söğütluçeşme-İncirli	A	A	B	A	A

Ek-B Tablo 4 İUAP Raylı Sistem Projelerinin Değerlendirilmesi

Kod	Hat Adı	E-IRR	Genel Talep	Kentsel Gelişimle Uyumluluk	F-IRR	Sosyal Değerlendirme	Doğal Değerlendirme	Acil İhtiyaç Durumu	Genel Değerlendirme
T-1	Üsküdar-Çekmeköy	B	A	A	A	A	A	A	AAAAAAB
T-2	Bakırköy-Beylikdüzü	B	A	A	A	A	B	A	AAAAABB
D-1	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	B	A	A	A	A	A	A	AAAAAAB
D-2	Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	A	A	A	A	A	A	B	AAAAAAB
D-3	Yenikapı-Bakırköy	A	A	A	A	A	A	B	AAAAAAB
D-4	Haliç Çevresi	B	B	A	A	B	B	A	AAABBBB
D-5	Yenibosna - İktelli	B	B	A	A	A	A	B	AAAABBB
D-6	Şişhane-Kulaksız-Cemal Kamacı	B	B	A	A	C	B	B	AABBBBC
F1-1	Bağcılar-Halkalı	C	B	A	A	A	A	B	AAAABBC
F1-2	Tekstil Kent-İstinye-Olimpiyatköyü-İspartakule	B	A	A	A	A	A	B	AAAAABB
F2-1	Kartal D-100-Kartal İDO	B	B	A	B	B	B	C	ABBBBCC
F2-2	Sabiha Gökçen Havaalanı-Formula 1	B	B	B	B	B	B	C	BBBBBBCC
F2-4	4.Levent-Göltepe - Çeliktepe	B	C	B	B	C	A	C	ABBCCCC
F2-5	Beşiktaş-Garıyer	C	C	C	C	A	A	C	AACCCCC
F2-6	İspartakule-Beylikdüzü-Avcılar	C	C	B	C	A	A	C	AABCCCC
F2-7	İspartakule-Kıraç-Büyükdere-Silivri	B	A	B	A	A	A	C	AAAABBC
F2-8	Üsküdar-Beykoz	B	B	C	B	A	B	C	ABBBBCC
F2-11	Tapdelen-Tuzla	B	A	A	A	A	B	B	AAAABBB
PP-1	Atasehir Havaray	B	C	A	C	A	A	A	AAAAACC
PP-3	Kadıköy-Sultanbeyli	B	A	A	A	A	A	B	AAAAABB
PP-4	İktelli-Habipler	A	B	A	A	A	A	B	AAAAABB
PP-6	Silivri-Gümüşyaka	C	B	A	B	B	A	C	AABBBCC
PP-7	Sultançiftliği-Amavutköy	B	B	A	B	B	A	B	AABBBBB
PP-8	Tuzla Tramvay Sistemi	C	A	A	A	B	A	C	AAAAACC
PP-9	Maltepe Havaray	B	C	B	C	B	A	C	ABBBCCC
PP-11	Hisarüstü Raylı Sistemi	B	B	B	C	A	A	A	AAABBBB
PP-12	Silivri-Geilpaga Havaray	C	C	B	C	B	A	C	ABBCCCC
PBH-1	Kadıköy-Kazlıçeşme Metro Hattı	C	A	B	B	A	A	B	AAABBBB
PBH-2	Böğübüçesme-Kazlıçeşme	C	A	B	B	A	A	B	AAABBBB
PBH-3	Böğübüçesme-Gayrettepe	B	B	B	A	A	A	B	AAABBBB
PBH-4	Bostancı-Kazlıçeşme	B	A	A	A	A	A	B	AAAAABB
PBH-5	Ünalan-Mecidiyeköy	B	B	A	A	A	A	B	AAAAABB
PBH-6	Böğübüçesme-İncirli Metro Hattı	C	A	A	A	A	A	B	AAAAABC

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADI VE SOYADI : Ömer RAMADAN

DOĞUM YERİ VE TARİHİ : Fatih 02.08.1988

TARİHİ

MEDENİ HALİ : Evli

E-MAIL : omer_ramadan@hotmail.com

ADRES (EV) : Cumhuriyet Mah. Dr. Sadık Ahmet Cad. No: 27 D.9
Özer Apt. Küçükçekmece/İstanbul

TELEFON (CEP) : 0536 549 45 15

EĞİTİM DURUMU

2014- : İstanbul Arel Üniversitesi (Mühendislik Yönetimi)

2007-2012 : Yıldız Teknik Üniversitesi (Elektronik ve Haberleşme Müh.)

2005-2007 : İstanbul Üniversitesi (Endüstriyel Otomasyon)

2002-2005 : Nahit Mentеше End. Meslek Lisesi (Elektronik Bölümü)

YABANCI DİL

Orta Düzey İngilizce

İŞ TECRÜBESİ

2012- : Belbim Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş

2008-2012 : Global İletişim A.Ş

2005-2008 : Mersa Sistem A.Ş