

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AHS VE PROMETHEE YÖNTEMLERİ İLE PROJE TERCİH
SIRALAMASININ ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK BELİRLENMESİ**

VEDAT KOÇDAĞ

KOCAELİ 2013

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

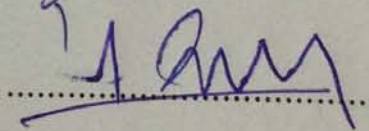
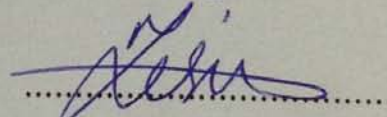
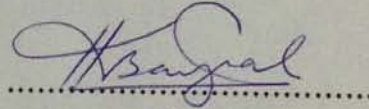
AHS VE PROMETHEE YÖNTEMLERİ İLE PROJE TERCİH
SIRALAMASININ ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK BELİRLENMESİ

VEDAT KOÇDAĞ

Yrd.Doç.Dr.Kasım BAYNAL
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr.Zerrin ALADAĞ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr.İbrahim ÇİL
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.



Tezin Savunulduğu Tarih: 11.07.2013

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada günümüz şirketleri için çok hayati öneme sahip olan "Proje seçimi" problemi, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve PROMETHEE yöntemlerinin hibrit bir yapıda kullanılarak çözümüne yer verilmiştir.

Bu tezin hazırlanması aşamasında yardımlarını esirgemeyen, bana çalışmamın her aşamasında yol gösteren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Kasım BAYNAL'a, uygulamada kullandığım yöntemler konusunda fikirlerinden faydalandığım Prof.Dr. Zerrin ALADAĞ'a, tezimde kullandığım verileri teminimde bana yardımcı olan değerli firma çalışanları Gamze SUNAR, Akif TAŞATAN ve göstermiş oldukları maddi ve manevi desteklerinden ötürü sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran - 2013

Vedat KOÇDAĞ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. PROJE VE PROJE SEÇİMİ	3
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE(ÇKKV) KULLANILAN YÖNTEMLER	6
2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci(AHS)	6
2.2. Analitik Ağ Süreci(AAS)	6
2.3. ELECTRE	7
2.4. TOPSIS.....	8
2.5. VIKOR	9
2.6. PROMETHEE	10
2.7. Hedef Programlama.....	10
3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS)	11
3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci.....	11
3.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması	12
3.1.2. İkili karşılaştırma ve üstünlüklerin belirlenmesi.....	14
3.1.3. Tutarlılığın hesaplanması	17
3.1.4. Seçeneklerin öncelik değerlerinin hesaplanması.....	18
4. PROMETHEE.....	20
4.1. PROMETHEE Yöntemi	20
4.1.1. PROMETHEE yönteminin hazırlık aşaması.....	20
4.1.2. PROMETHEE yöntemi algoritması.....	21
5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	26
6. AHS VE PROMETHEE YÖNTEMLERİNİN ENTEGRASYONU.....	30
7. UYGULAMA	33
7.1. En iyi ARGE Projesi Seçimi	35
7.1.1. Kriter ağırlıklarının hesaplanması	36
7.1.2. PROMETHEE I ile kısmi sıralama	36
7.1.3. PROMETHEE II ile tam sıralama.....	37
7.1.4. PROMETHEE II için net, pozitif ve negatif üstünlük değerleri	38
7.2. En İyi Ana Proje Seçimi ve Projelerin Sıralanması.....	39
7.2.1. Kriter ağırlıklarının hesaplanması	39
7.2.2. Tutarlılık oranının hesaplanması.....	40
7.2.3. Verilerin “Visual PROMETHEE” uygulamasına aktarılması	41
7.2.4. Tercih fonksiyonlarının belirlenmesi	43
7.2.5. PROMETHEE I ile kısmi sıralama	43
7.2.6. PROMETHEE II ile tam sıralama.....	45

7.2.7. PROMETHEE II için net, pozitif ve negatif üstünlük değerleri	46
7.2.8. Birinci olan seçeneği öne çıkaran faktörler.....	48
7.2.9. GAIA düzlemi analizi	50
7.2.10. Parametrik analiz.....	53
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. AHS de üç kademedden oluşan bir hiyerarşi yapısı	13
Şekil 4.1. Tercih fonksiyonları.....	22
Şekil 4.2. Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi	23
Şekil 4.3. Pozitif ve negatif üstünlükler	24
Şekil 6.1. AHS-PROMETHEE yaklaşımı.....	32
Şekil 7.1. En iyi ARGE projesi seçimi sırasından kullanılan veriler.....	35
Şekil 7.2. PROMETHEE I sonucu elde edilen ile kısmi sıralama	36
Şekil 7.3. PROMETHEE II sonucu oluşan tam sıralama sonuçları.....	37
Şekil 7.4. Pozitif Negatif ve Net üstünlük değerleri	38
Şekil 7.5. Ana proje seçiminde kullanılan kriterlerin ağırlıkları.....	40
Şekil 7.6. Tutarlılık indeksi ve kriter ağırlıkları.....	41
Şekil 7.7. Ana proje seçimi verileri.....	42
Şekil 7.8. Ana proje seçimi PROMETHEE I sonucu oluşan kısmi sıralama.....	44
Şekil 7.9. Ana proje seçimi PROMETHEE II sonucu oluşan tam sıralama	45
Şekil 7.10. Seçeneklere ait pozitif ve negatif üstünlük değerleri.....	47
Şekil 7.11. Birinci olan projeyi öne çıkaran kriterler.....	48
Şekil 7.12. İkinci olan projeyi öne çıkaran kriterler.....	49
Şekil 7.13. Kriterler ve seçeneklerin değerlerin geometrik düzlemde dağılımı.....	51
Şekil 7.14. Kriterlerin geometrik düzlemde dağılımı ve kalite değeri.....	52
Şekil 7.15. Parametrik analiz(Maliyet kriterinin değeri değiştirildi)	53
Şekil 7.16. Parametrik Analiz(“Verimlilik kriterinin değeri değiştirildi”)	54
Şekil 7.17. Tercih fonksiyonu koşulunun değiştirilmesi sonucu	56
oluşan yeni sıralama	56

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Temel Karşılaştırma ölçütleri	14
Tablo 3.2. Farklı Boyuttaki matrisler için tesadüfilik indeksi	18
Tablo 4.1. Veri matrisin gösterimi	22
Tablo 7.1. Ana proje kriterleri karşılaştırma tablosu	39

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

A	: İkili karşılaştırma matrisi
A_{ij}	: i özellik ile j . özelliğin ikili karşılaştırma değeri
$f_i(j)$: i alternatifin. j . kriter için değeri
n	: Karşılaştırma matrisinin boyutu
W	: Özdeğer vektörü
φ^+	: Pozitif Üstünlük değeri
φ^-	: Negatif üstünlük değeri
φ :	: Net akış
λ	: Temel değer(AHS)
λ_i	: Matrisinin özdeğerleri
λ_{max}	: Matrisinin en büyük özdeğeri

Kısaltmalar

AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
ARGE	: Araştırma Geliştirme
CR	: Consistency Ratio(Tutarlılık Oranı)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
GAIA	: The Geometrical Analysis for Interactive Aid(İnteraktif Destek için Geometrik Düzlem Analizi)
PROMETHEE	: The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation(Zenginleştirilmiş Hesaplama için Tercih Sıralama Metodu)

AHS VE PROMETHEE YÖNTEMLERİ İLE PROJE TERCİH SIRALAMASININ ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK BELİRLENMESİ

ÖZET

Karar verme hayatımızın aslında her anında karşılaştığımız bir problemdir. Günlük hayatımızdaki sıradan işler için bile kararlar alırken çok zorlanırız. Rekabetin her gün daha da arttığı toplum yapısının giderek karmaşıklaştığı, teknolojik gelişmelerin çok hızlı bir şekilde ilerlediği günümüzde ise karar verme işlemi, şirketler için çok kritik bir öneme sahiptir. Üst seviye yöneticilerin alacağı kararlar şirketin ve çalışanların geleceği için çok önemlidir. Günümüz dünyasında şirketlerin rekabetçi olabilmeleri için geleceğe dönük karar alırken bilimsel yöntemlerden yararlanmaları onları rakiplerine oranla bir adım öne çıkaracaktır. Karar vermede yardımcı olarak kullanılan birçok bilimsel yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerin üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bu çalışmada bu bilimsel yöntemlerden olan Analitik Hiyerarşi süreci ve PROMETHEE yöntemi beraber kullanılmaya çalışılmıştır. İki yöntemin üstün yönlerini ortaya çıkaracak hibrit bir yapı kullanılması amaçlanmıştır. Böylece kriterler dikkate alınarak alarak seçenekler arasından kurum için en uygun olan seçenek daha iyi bir şekilde belirlenebilecektir.

Anahtar Kelimeler: AHS, Çok Kriterli Karar Verme, Proje seçimi, PROMETHEE

DETERMINE RANKING OF PROJECT SELECTION WITH AHP AND PROMETHEE METHODS AS A MULTIPLE CRITERIA

ABSTRACT

We face the decision-making problem every moment of our live. Decision making is not easy job even for ordinary things in daily life. We have a lot of alternative and criteria all of time. Because of competition is becoming more and more increased, social structure getting more complicated and technological developments is now progressing very quickly the decision-making process have a very critical importance for companies. Decisions are taken by upper-level managers is very important for the future of the company and its employees. In today's competitive world, if companies are use scientific methods in order to making decisions about the future it will benefit from them and they will be one step ahead compared to its competitors. There are many scientific methods are used as an aid in decision making. There are advantages and disadvantages of these methods. This paper proposes an integrated approach to solve the decision-making problem. Main aim of this paper combines the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE). We want to use the strengths of both methods together. The main role of the AHP process is proving the quality data for PROMETHEE method in the proposed solution. The combination of both approaches enables a more reliable evaluation for identifying the best choice among logistics service providers in which their strong and weak points are detected.

Keywords: AHP, Multi Criteria Decision Making, Project Selection, PROMETHEE

GİRİŞ

Karar verme aslında insan yaşamının her anında ortaya çıkan bir süreçtir. İnsanlar, günlük hayatta bile farkında olalım ya da olmayalım birçok kez birden fazla alternatif arasından birini seçmek zorunda kalırlar. Çünkü çoğu zaman birden çok alternatif(karar seçenekleri) ve kriterler karar vericilerin karşısına çıkmaktadır. Örneğin; bir araba satın alınırken birçok kriter(fiyat, performans, yakıt tüketimi, satış sonrası hizmet vb) ve birden çok seçenekler mevcuttur.

Karar verme süreci daha iyiye ulaşmak için sürekli yapması gereken bir iştir. Çok hızlı bir şekilde değişen ve gelişen iş ve yaşam koşulları insanları, kurum ya da işletmeleri, özellikle de bunların yönetici ya da yöneticilerini devamlı olarak "en iyi ve doğru" kararı vermeye zorlamaktadır. Özellikle de yöneticilerin; bu rekabetçi ortamda şirketlerini ya da kurumlarını ayakta tutabilmek, rekabet avantajı kazanmak ve bunu sürdürülebilir yapmak için sağlıklı ve doğru kararlar alabilmeleri hayati bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu tür kararlar aynı zamanda geniş kitleleri de ilgilendirdiğinden doğru kararı almak çok daha büyük bir önem taşır [19].

Karşılaşılan problemlerin yapısı gittikçe karmaşıklaştığından ve alınan kararların sonuçlarının etkisi çok büyük olduğundan artık kararlar alınırken profesyonel yöntemlerin kullanılmasının zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Özellikle 1960'lardan sonra bilim insanları bu konuya da eğilme başlamış ve çeşitli karar verme yöntemleri geliştirmişlerdir.

Günümüzde endüstriyel, lojistik, finansal, politik vb. gibi alanlarındaki karar problemleri genellikle birden çok kriterden ve alternatiflerden oluşmaktadır. Alternatifler arasından en uygun olanın seçilmesi ile ilgili problemler ya da alternatifleri sıralama problemleri çok kriterli ve zor problemler arasındadır. Genellikle bu tür problemlerin bir optimal çözümü yoktur. Yani alternatiflerden hiç birisi, belirlenen tüm kriterlerin en iyi çözümü değildir. Ayrıca insanların en iyi alternatif seçerken değerlendirme kriterlerine verdikleri değerler(ağırlıklar) kişiden kişiye değişebilmektedir [19].

Karar verme sürecinde birden çok kriterin olması ve tek bir optimum çözümün olmadığı bu tür problemlerin çözümünde kullanılan yöntemlere genel olarak “Çok Kriterli Karar Verme” adıyla adlandırılmaktadır. Günümüzde bu kategoride değerlendireceğimiz birçok yöntem mevcuttur. Bunlar; Hedef Programlama, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Analitik Ağ Süreci (AAS), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution(TOPSIS), ELimination and Choice Expressing REality (ELECTRE), The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation (PROMETHEE), VIKOR gibi yöntemidir.

Bu çalışmadaki ana amaç yukarıda kısaca değinilen çok kriterli karar verme yöntemlerini güçlü yönlerini bir araya getirerek hibrit bir model oluşturmak ve problemi kurulan bu model ile çözmektir. Bunun için yöntemlerin güçlü yönlerini bir araya getirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca PROMETHEE yönteminde sonuç üzerinde çok etkili olan tercih fonksiyonlarının kullanılmasında melez bir yöntem üzerinde de çalışılmıştır. Bunun sonuçları nasıl ve ne kadar değiştirdiği üzerine bir analiz yapılmıştır.

1. PROJE VE PROJE SEÇİMİ

Proje; değişik alanlardaki bir probleme çözüm bulma ya da beliren bir fırsatı değerlendirmeye yönelik, bir ekibin, yaklaşık maliyeti belli olan, başlangıcı ve bitişı belirli bir zaman diliminde olan, birtakım kaynaklar kullanarak, müşteri memnuniyetini ve kaliteyi göz önünde bulundurarak, kurum ya da organizasyonun amaçlarına uygun özgün bir planı başlatma, yürütme, kontrol etme ve sonuca bağlama sürecidir [18].

Projeler bilimsel bir proje olabileceği gibi bir var olan bir ürünü geliştirmek için ya da tamamen yeni bir ürün geliştirmek için yapılan bir yatırım projesi de olabilir. Maliyetine göre büyük, orta ve ya küçük ölçekli de olabilir. Türü ya da kapsamı nasıl olursa olsun şirket ya da organizasyonun amacına en uygun olacak projenin seçilmesi bilimsel bir çalışma dahilinde sürdürülmesi gereken önemli bir problemdir. Bazen de problem sadece bir proje seçimi değil önceliklerine göre bir sıralama problemi de olabilmektedir.

Herhangi bir işletmenin, organizasyon ya da kurumun karşılaştığı en büyük problemlerin biri de birçok proje arasından en iyi projenin yani alternatifin seçimidir. Çünkü bu seçme sürecinde yani karar verme sürecinde dikkate alınması gereken pek çok faktör (kriter) vardır. Proje seçiminde temelde kurumlar ya da şirketler projenin faydasına ve yapılabilir olmasına bakmaktadırlar. Faydadan kasıt sadece mali bir kazanç değil aynı zamanda o projenin sosyal etkilerine ve şirkete katacağı prestiji de dikkate almaktadırlar. Hatta bazen ulusal, bölgesel veya uluslararası plan ve anlaşmaların bir parçası olarak verilen taahhütlerin yerine getirilmesi gibi çok daha geniş ölçekteki kriterler de devreye girebilmektedir. Kurum ya da organizasyon için ihtiyaçlarını ve hedeflerini dikkate alarak birçok alternatif arasından kendi amaçlarına en uygun olan projenin seçilmesi ya da önceliklendirilmesi süreci gerçekten zor bir süreçtir.

Bu çalışmaya konu olan tekstil firması başka iştirakleri de olan bir holdinge bağılı olarak 1986 yılında faaliyete başlayan tekstil firmasıdır. Bugün sahip olduğu 40.000 m²'nin üzerinde kapalı, 86.500 m²'lik bir alanda, akrilik boyama, tops / bumps ve elyaf kesim kapasitesi ile yüksek ve kaliteli üretime sahip bir kuruluştur. Kurulduğu tarihte 20 kişilik olan personel sayısı, günümüzde 250 kişinin üzerine ulaşmıştır.

Çalışmaya konu olan tekstil firması tabiatta yüne en çok benzeyen sentetik elyaflardan olan akrilik elyafı, işletmelerinde kullanmaktadır. Akrilik elyafı aynı şirketler grubunda olup, doğu komşusu diğer bir kimya sanayinden temin etmektedir. Bu kimya sanayinin üretmiş olduğu akrilik towa katma değer sağlamak amacıyla tekstil fabrikaları için girdi hammadde temin eden bu kuruluş, kalite, verimlilik, maliyet ve servis açısından ülkemizin ve dünyanın kendi konusunda önde gelen kuruluşlarından birisidir.

Tez çalışmasına konu olan tekstil firmasının önemli bir karar verme problemi mevcuttur. Çalışmaya konu olan tekstil firması her yıl yaklaşık 20 ile 40 proje arasından firma hedeflerine en uygun olan projeyi seçmesi ve önceliklendirmesi gerekmektedir. Tekstil firmamızdaki projeleri değişik başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür.

Bunlar;

- Enerji tasarruf projeleri
- Kalite iyileştirme projeleri
- Verimlilik arttırma projeleri
- İşçi sağlığı ve güvenliği (İSG) idame projeleri
- Laboratuar yatırımları projeleri
- Modernizasyon projeleri
- ARGE projeleri
- Diğer projeler

olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu tekstil firması için proje seçiminde öne çıkan yedi ana kriter mevcuttur. Bunlar;

- Maliyet,
- Müşteri memnuniyeti,
- Verimlilik,
- Geri dönüşüm süresi (Return of Investment-ROI),
- İşçi sağlığı,
- Çalışan memnuniyeti,
- 5S faaliyetlerine katkısı

olarak sıralanabilir. Tez çalışmasına konu olan tekstil firması ARGE projeleri ise ayrı bir öneme sahiptir. Her yıl birçok ARGE projesi arasından bir tanesi seçilerek genel projeler arasına alınmakta ve bu projenin sorumlularına ödül verilmektedir. Dolayısı ile başarılı projenin seçim işleminin bilimsel bir altyapıya dayanması personelin kuruma güveni açısından da çok önemlidir. ARGE projelerinin değerlendirilmesinde tekstil firmasının uzmanları tarafından belirlenen 10 ana kriter göz önünde bulundurulmaktadır. Bunlar;

- Ekip çalışmasına yatkınlık
- Projeye karşı heves
- Planlı gözden geçirme toplantılarına hazırlıklı ve zamanında katılım
- Projede planlanan kazanımlara ulaşıp ulaşılmadığı
- Takvime uygunluk
- Altı sigma araçlarının kullanımı
- Sınavda aldığı not
- Sunumdaki yetkinlik
- Eğitimlere devam durumu
- Danışman tarafından verilen kanaat notu

Bu kriterler baz alınarak ARGE projeleri kendi arasında bir sıralamaya tabi tutulur ve en iyi proje genel projeler arasındaki seçim işlemine daha büyük yatırımlar yapılması amacıyla girmeye hak kazanır. Ayrıca birinci olan ARGE projesi ekibine ödül verilir.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE (ÇKKV) KULLANILAN YÖNTEMLER

Karar verme bir işletmenin en temel ve önemli problemlerinden biridir. Dolayısıyla, doğru kararların alınması rekabetçi olabilmek, avantaj kazanmak ve sürdürmek için gereklidir. İşletmelerde karar süreci için bilginin toplanması ve analizi için yoğun bir çaba ve zaman gerekir. Analizlerin sonuçları bir karara varmak için sezgisel olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmeler küreselleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişkiler ağını yönetmekte rekabetçi avantaj sahibi olabilmektedirler. Çok kriterli ve alternatifli problemlerin karar verme sürecinde çoklu karar verme teknikleri kullanılabilir. Bu tekniklerin en çok kullanılanları aşağıda yer verilmiştir.

2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process-AHP), 1970'li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilmiş bir çok kriterli karar verme yöntemidir. Metot, belirlilik veya belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli karar verme durumunda kullanılır. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir [7,8]. Bu yöntem ileride detaylı olarak açıklanmıştır.

2.2. Analitik Ağ Süreci (AAS)

Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminin devamı niteliğinde olan Analitik Ağ Süreci yöntemi karmaşık karar verme problemlerinde daha etkili ve gerçekçi çözümler sunmaktadır. AAS, karar verme sistemindeki her türlü etkileşimi, bağımlılığı ve geri bildirim model içine katarak, bütün ilişkileri sistematik biçimde değerlendirmeye

İşletmelerde ortaya çıkan karar verme problemleri her zaman hiyerarşik bir yapıyla ifade edilemezler. Problemlerde yer alan kriterler ve seçenekler birbirleriyle karşılıklı etkileşim halinde olabilirler. Bu durumda bileşenlerin ağırlıklarını bulmak karmaşık bir analiz gerektirir. AAS, bu tür problemlerde kullanılabilen bir yöntemdir. AAS'de olduğu gibi ikili karşılaştırma esasına dayanır. İkili karşılaştırmalarda Saaty (1980) tarafından geliştirilen 1-9 ölçeği kullanılır. ANP'de, karar verme problemine ait tüm bileşenler ve ilişkiler tanımlanır, sonrasında çift yönlü şekilde olabilecek ilişkilerde ifade edilir. AAS yönteminde problem, ağ yapısı kullanılarak modellenmekte, bu esnada tüm kriter kümelerindeki (aynı kümeye ait veya değil) alt kriterler arasındaki bağımlılıklar ve her kriter kümesindeki alt kriterler arasındaki o kümeye ait içsel bağımlılıklar göz önüne alınmaktadır. İçsel bağımlılıkları ve kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimleri içerebilmesi nedeniyle ANP metodu, karar verme problemlerinin daha etkili ve gerçekçi bir biçimde çözümlenmesini sağlamaktadır [13,16].

2.3. ELECTRE

Bu yöntem ilk olarak Benayoun, Roy ve arkadaşları tarafından 1966 yılında geliştirilmiştir. Metot var olan karar verme metotlarına bir cevap olarak geliştirilmiştir. ELECTRE metodunun ana konsepti; her bir kriter için ayrı ayrı olmak üzere alternatiflerin aralarındaki ikili karşılaştırmaları kullanmaktır. İki alternatifin (A_i ve A_j) tercih edilebilirliğinin üstünlük ilişkisi $A_i \rightarrow A_j$ şeklinde gösterilir ve eğer i .nci alternatif j .inci alternatifte niceliksel baskınlık kuramazsa karar verici A_i 'nin A_j 'ye göre daha iyi olduğunu riskini alabilmelidir. Alternatifler, eğer başka bir alternatif bir veya daha fazla kriterde üstün ve kalan diğer kriterlerde eşit olursa baskın olarak adlandırılabilirler.

ELECTRE metodu alternatiflerin tercih edilebilme üstünlük ilişkisinin ardışık yargıları arasından, A_j alternatifi A_k alternatifine üstünlük sağlar veya daha önemlidir sonucunu destekleyen kanıt sayısı şeklinde tanımlanan uyumluluk indeksini ve uyumluluk indeksinin karşı tarafı olan uyumsuzluk indeksini çıkartmaktadır.

ELECTRE metodu alternatifler arasından ikili tercih edilebilirliğinin üstünlük ilişkisi sistemini getirmektedir. Bunun nedeni, bu sistemin tamamlanması gerekmemektedir, ELECTRE metodu bazen pek çok tercih edilmiş alternatifi tanımlayamamaktadır. Metot sadece lider alternatiflerin merkezini üretmektedir. Bu metot alternatiflerin daha açık birer görüntüsünü daha az favori olanları eleyerek sağlamaktadır. Metot özellikle birçok kriter fakat çok sayıda alternatif içeren problemleri için uygundur.

2.4. TOPSIS

Yoon ve Hwang tarafından 1980 yılında geliştirilmiş olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ELECTRE yönteminin temel yaklaşımlarını kullanır. Aslında felsefesi oldukça basittir. Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanır. Hwang ve Yoon alternatiflerin daha ideal bir şekilde sıralanabilmesi için her bir alternatifin pozitif ideal çözüm noktasına olan yakınlığını ve negatif çözüm noktasına olan uzaklığını eşzamanlı olarak hesaplamaya katar. Yöntemde alternatif seçeneklerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılması gerçekleştirilmektedir.

TOPSIS yöntemi temelde 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir [12,14]. Bunlar;

- Karar matrisindeki kriterlere ait puan veya özelliklerin kareleri toplamının karekökü alınarak matris normalize edilir.
- Normalize edilmiş karar matrisinin elemanları kriterlere verilen önemler doğrultusunda ağırlıklandırılır.
- Ağırlıklandırılmış matriste her bir kolonda maksimum (S^*) ve minimum (S^-) değerler tespit edilir
- Maksimum ideal noktaya olan uzaklık hesaplanır
- Minimum ideal noktaya olan uzaklık hesaplanır.
- Her bir alternatifin göreceli sıralaması ve puanı hesaplanır.

2.5. VIKOR

VIKOR, uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralamasını belirler/ en uygununun seçilmesini içerir. Her alternatifin her kriter için değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır. VIKOR yöntemi, karar vericinin sistem tasarlanırken başlangıçta tercihlerini tam olarak belirtememesi durumunda, çok kriterli karar vermede etkin bir araçtır. Elde edilen uzlaşık çözüm, çoğunluk için maksimum grup faydasını ve karşıt görüştekiler için minimum pişmanlığı sağlayacağından karar verici tarafından kabul görecektir. VIKOR yönteminde performanslarının değerlendirilmesi kriter bazında değil, tüm kriterler açısından bir bütün olarak yapılır. Fakat karar vericiler; performans değerlendirmede daha fazla önem verdikleri kriterlere daha yüksek, nispeten az önemli gördükleri kriterlere de daha düşük ağırlık vererek sıralamaya yön verebilmektedirler. Çok kriterli karar verme problemlerinin VIKOR yöntemi ile ele alınabilmesi için aşağıda belirtilen genel özellikleri taşımaları gerekmektedir[31,32].

- Fikir ayrılıklarının çözüme ulaştırılmasında uzlaşma kabul edilebilir olmalıdır.
- Karar verici, ideal çözüme en yakın çözümü kabul etmeye istekli olmalıdır.
- Karar verici için fayda ile her kriter fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki olmalıdır.
- Alternatifler, belirtilen tüm kriterler için değerlendirilmelidir.
- Karar vericinin tercihleri ağırlıklar ile ifade edilir.
- Karar verici, nihai çözüme kendi tercihlerini de dahil edebilir.

2.6. PROMETHEE

Çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi de “The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation” olarak ifade edilen “PROMETHEE” yöntemidir. PROMETHEE, yöntemi tanımının baş harflerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuş bir kısaltmadır ve literatürde bu şekilde bilinmektedir.

PROMETHEE, 1982 yılında Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilmiş çok kriterli bir öncelik belirleme yöntemidir. PROMETHEE yöntemi literatürde yer alan mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklardan hareketle geliştirilmiş ve günümüze kadar bazı çalışmalarda kullanılmıştır. PROMETHEE yöntemi, çok kriterli problemlerin çözümünde alanındaki en etkili yöntemlerden biri olarak bilinmektedir. Bu yöntem aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

2.7. Hedef Programlama

Hedef Programlama çok amaçlı karar problemlerini göz önüne alan ilk işletme bilimi yaklaşımlarından biridir. Bu kavram, ilk kez 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından ortaya atılmış; zamanla farklı yaklaşımları ve algoritmaları temel alarak bugünkü geniş bir çalışma konusu kümesine dönüşmüştür.

Hedef programlama genel olarak, çok sayıda hedef veya amacın bulunduğu zor problemlere uygulanan bir yöntemdir. Karar vericiden amaçlarını önem derecesine göre sıralaması ve her bir amaç için erişilmesini istediği bir hedef değer belirlemesi istenir. Daha sonra, gerçekleşmiş sonuçlar ile belirlenen bu hedef değerler arasındaki sapmaları minimize ederek uygun çözüm bulunur. Hedef Programlama, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır. Yapılan araştırmalar, olası hataları önlemek için karar alıcının değişik önem sırası ve hedefler ile problemi bir kaç kez çözmesini tavsiye etmektedir.

3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS)

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci Thomas Saaty tarafından geliştirilmiş bir çok kriterli karar verme yöntemidir. Metot, belirlilik veya belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli karar verme durumunda kullanılır. Kriterler ve alternatifler arasında bir hiyerarşi oluşturarak çözüme başlanır. AHS, karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir [7,8].

Bu metot tam olarak ölçülemeyen kriterlerin probleme dahil edilmesi ihtiyacı nedeniyle geliştirilmiştir. AHS'nin, subjektif yarguların, kantitatif değerler gibi değerlendirme sürecine eş zamanlı olarak girmesini sağladığı ve karar vericilerin daha iyi iletişim kurmasına yardımcı olduğu gerçeği, onu iyi bir karar verme aracı yapmaktadır [7,13].

AHS'nin en önemli özelliği; karar vericinin hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir, yani insanoğlunun, ikili karşılaştırmalar yoluyla göreceli büyüklükleri tahmin etmek için bilgiyi ve tecrübeyi kullanma kabiliyetine dayanan, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntem olmasıdır. Bu bakımdan AHS, birçok karar verme yöntemine göre daha gerçekçi bir metottur. AHS karar verme problemlerini hiyerarşik bir yapıda tek yönlü olarak modellemekte ve en iyi kararın verilmesine etki eden kriterleri sistematik bir şekilde değerlendirerek, kriterlerin öncelik sıralarını belirlemektedir. . Bu bakımdan AHS, birçok karar verme yöntemine göre daha gerçekçi bir metottur [7,8,13]

Analitik Hiyerarşi Süreci en karmaşık karar verme problemlerini bile hiyerarşik bir şekilde modelleyip parçalara ayırarak ikili karşılaştırmalar haline dönüştürür. Daha sonra bu karşılaştırmalar sentez edilmek suretiyle problemi oluşturan kriter ve alternatiflerin öncelik değerleri elde edilir. Sıralama ve puanlama gibi klasik yöntemlere nazaran AHS, öncelik değerlerinin birebir karşılaştırmalarının sonuçlarını sentez ederek hesaplanması sebebiyle insanların kabiliyetlerini karar verme sürecine daha iyi entegre edebilen bir tekniktir. AHP sadece karar vericilere en uygun alternatifin seçilmesi hususunda yardım etmekle kalmaz aynı zamanda yapılan seçime hangi kriterin ne ölçüde katkı sağladığını gösterir [7,8,10,13].

AHP yöntemi 4 adımdan oluşmaktadır:

- Hiyerarşik yapının oluşturulması
- İkili karşılaştırma ve üstünlüklerin belirlenmesi
- Tutarlılığın hesaplanması
- Seçeneklerin öncelik değerlerinin hesaplanması

3.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

AHS'nin ilk adımı, ulaşılmak istenen hedef doğrultusunda, problemim hiyerarşik yapısının oluşturulmasıdır. Hiyerarşinin en tepesinde hedef, yani ulaşılmak istenen amaç yer almaktadır. İkinci aşamada, verilecek karar doğrultusunda, kararda belirleyici olacak ana kriterler tespit edilmektedir. Takiben, ana kriterlerin belirlenmesinde kullanılacak alt kriterler, varsa daha da alt kriterleri içeren hiyerarşik yapı kurulmaktadır. Son olarak, karar alternatifleri hiyerarşik yapının en altında yer almaktadır [7,8,13].

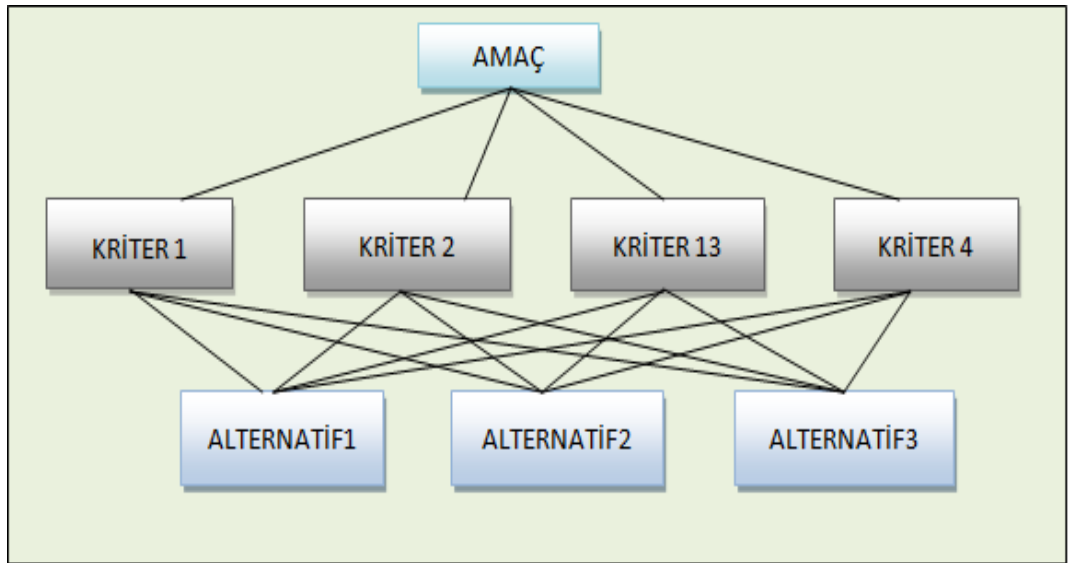
Saaty (1980)'e göre, hiyerarşinin yapılandırılması aşaması, varılmak istenen amaç üzerinde yaratıcı düşünceler üreterek ve konuyla ilgili kişilerin görüşleri alınarak gerçekleştirilmelidir. Saaty, hiyerarşinin yapılandırılması için, standart bir prosedürün var olmadığını ifade etmektedir. Hiyerarşi tasarımı, problem alanıyla ilgili bilgi ve tecrübe gerektirir. İki karar vericinin aynı problem için iki farklı hiyerarşi yapısı kurması normaldir. Hiyerarşi tek bir yapı değildir, kişiden kişiye değişir. Diğer yandan eğer iki kişi aynı problem için aynı yapıyı kursalar bile,

tercihlerinde farklılıklar olabilecektir. Bu nedenle bir problemle karşılaşıldığında insanlar yargılarda, değerlendirmelerde ve hiyerarşi yapısında fikir birliği oluşturmak için bir arada çalışmalıdır [7,8,10,13].

Bir problemin hiyerarşik yapılandırılıp yapılandırılmayacağını test etmek için basit bir yöntem kullanılabilir. Buna göre bir düzeydeki ögeyi, hiyerarşinin tersine, bir üst düzeydeki öge ile karşılaştırmak için tersine bir soru sorulur. Eğer soru mantıklı olursa sistem geri bildirimde sahiptir demektir ve ağ modelleri kullanılmalıdır.

Şekil 3.1’de basit bir hiyerarşik yapı görülmektedir. Bu hiyerarşik yapı üç kademededen oluşan bir hiyerarşi üzerine kurulmuştur. Bu en basit bir hiyerarşi yapısında AHS’nin temel taşları olan amaç, kriterler ve seçenekler ve aralarındaki ilişki görülebilmektedir. AHS’deki temel hiyerarşi yapısı amaç, kriterler ve seçenekler olmak üzere üç ana katmandan. Hiyerarşik yapı sayesinde üst seviyedeki elemanların bir alt seviyelerindeki elemanlara olan etkilerinin ya da alt seviyedeki elemanların hemen bir üst seviyelerindeki elemanların gerçekleştirmelerine olan katkısının belirlenmesi mümkün olmaktadır [7,8,10,13].

AHS deki bu hiyerarşik gösterim problemin tanımlandıktan sonra tüm modelin görsel olarak ifade edebilmekte ve bu özelliği ile diğer yöntemlerden bu konuda bir adım öne geçebilmektedir.



Şekil 3.1. AHS de üç kademededen oluşan bir hiyerarşi yapısı

3.1.2. İkili karşılaştırma ve üstünlüklerin belirlenmesi

Hiyerarşik yapının oluşturulmasından sonra her seviyedeki öğelerin göreceli üstünlüklerini (bağıl öncelik değerlerini) bulmak için ikili karşılaştırma işlemi yapılması gereklidir. Konu hakkında uzman olan kişi veya kişiler her seviyedeki öğeleri ikili olarak karşılaştırır. Bu karşılaştırma AHS’de bir elemana göre o elemanın hiyerarşide hemen altındaki basamakta yer alan diğer elemanların ikili olarak karşılaştırılması şeklinde olmaktadır.

Thomas L. Saaty, AHS’de ikili karşılaştırmalar yapılırken Tablo 2.1’de verilen 1–9 skalasının kullanılmasını önermektedir. AHS’nin geri besleme ve bağımlılık durumlarını da kapsayacak şekilde genelleştirilmiş hali olan Analitik Ağ Sürecinde de aynı skala kullanılmaktadır.

Thomas L. Saaty, nesnelerin ikili karşılaştırmalarında makul bir tutarlılık sağlayabilmek için ele alınan etkenlerin sayısının dokuz veya daha az olması gerektiğini belirtmektedir[7,8]. Bu amaçla Thomas L. Saaty tarafından AHP çerçevesinde kullanılan 1–9 temel ölçeği Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Temel Karşılaştırma ölçütleri[7,8]

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenek eşit derecede öneme sahip
3	Biraz önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Fazla önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok fazla önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Aşırı derece önemli	Bir kriterin diğerine üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

Tablo 3.1’de yer alan sayısal değerler ortak bir özellik ya da kriter açısından karşılaştırılan ikili öğeden daha önemli olanın, daha az önemli olandan kaç kat daha üstün olduğunu göstermek için kullanılmaktadırlar.

Oluşturulan hiyerarşik yapıdaki elemanların ortak bir özellik açısından birbirlerine karşı göreceli öncelik ya da önemlerini bir arada göstermek için ikili karşılaştırma matrisi olarak isimlendirilen bir kare matris kullanılmaktadır.

C_1, C_2, \dots, C_n hiyerarşik yapının aynı bir seviyesinde bulunan elemanlar olsun. Bütün (C_i, C_j) çiftleri için belirlenen ikili karşılaştırma değerleri $n \times n$ boyutlu bir matriste Denklem (3.1)'deki gibi gösterilir.

$$A = (a_{ij}) \quad a_{ij} > 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

Burada a_{ij} , j elemanının i elemanına olan göreceli üstünlüğü manasına gelmektedir. a_{ij} değerleri karşılıklı olma özelliği gereği Denklem (3.2)'yi sağlar

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad a_{ji} \neq 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

Bu ise ikili karşılaştırma matrisinin kuzey batı-güney doğu doğrultusundaki köşegene göre simetrik olduğunu gösterir.

Eğer C_i ve C_j öğeleri karşılaştırıldıkları özellik açısından eşit derecede önemli ise Denklem (3.3)'ü ya da bir kriter kendisi ile karşılaştırıldığında Denklem (3.4)'ü sağlar [7,8,13].

$$a_{ij} = a_{ji} = 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

$$a_{ii} = 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

İkili karşılaştırmalar matrisi genel olarak Denklem (3.5)'deki gibi gösterilir.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

n adet elemanın birbirleriyle ikili olarak karşılaştırılması sonucunda $n \times n$ 'lik bir ikili karşılaştırma matrisi (A matrisi) oluşur. Asıl amaç n tane elemanın her birinin göreceli öncelik değerlerinin ya da diğer bir deyişle ağırlıklarının belirlenmesidir. Bu

ise $n \times n$ 'lik bir matristen n tane değer elde edilmesi manasına gelmektedir. İkili karşılaştırmaların önem derecelerinden oluşan A matrisi oluşturulduktan sonra ; kriterlerin yüzde ağırlıklarının hesaplanması gerekir. Bunun için en çok kullanılan yöntem; her bir sütun elemanının bulunduğu sütunun toplamına bölünmesi ise matrisin normalize edilmesi ve daha sonra satır toplamalarının aritmetik ortalamaları ile elde edilen değerlerdir. Buna özvektör yöntemi de denir[7,8].

Alternatiflerin birbiri ile karşılaştırmaları matrise yerleştirildikten sonra matriste sütun toplamları alınır, her değer kendi sütun toplamına bölünür ve normalize edilmiş matris elde edilir. Normalize matrisin her bir satırının ortalama değerleri alınır ve sonuç olarak alternatiflerin göreceli öncelikleri belirlenmiş olur. Bundan sonraki aşama tutarlılığın hesaplanması aşamasıdır [7,8,13].

Yukarıda anlatılan adımlar diğer değerlendirme faktörleri içinde tekrarlandığında faktör sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir. N adet sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda gösterilen C matrisi oluşturulacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki matrisinden yararlanarak, faktörlerin ağırlığı elde edilebilir. Bunun için (Denklem (3.7)'de gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3.7)$$

Her bir faktörün ağırlığını gösteren W vektörü aşağıda gösterilmiştir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

3.1.3. Tutarlılığın hesaplanması

AHS kendi içinde ne kadar tutarlı bir sistematığe sahip olsa da sonuçların gerçekçiliği doğal olarak, karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olacaktır. AHS bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için bir süreç önermektedir. Sonuçta elde edilen Tutarlılık Oranı (CR) ile, bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesi imkanını sağlamaktadır. AHS Tutarlılık Oranı hesaplamasının özünü, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır. λ 'nın hesaplanması için öncelikle İkili karşılaştırma matrisi (A) ile ağırlık vektörünün (W) matris çarpımından sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

İkili karşılaştırmalar matrisi, elde edilen görelî önemler vektörü ile çarpılır ise yeni bir vektör elde edilir. Bu son vektörün ilk elemanı görelî önemler vektörünün ilk elemanına, ikinci elemanı ikinciye bölünür ise bir üçüncü vektör elde edilir. Bu son vektörün elemanları toplanıp eleman sayısına bölünürse en büyük özdeğer (λ_{\max}) için yaklaşık bir değer bulunur ve bu sayı tutarlılığın hesaplanmasında kullanılır. İkili karşılaştırmalar matrisindeki özdeğerlerin en büyüğü olan λ_{\max} , n değerine ne kadar yakın olursa ikili karşılaştırmalar matrisinin yani yargıların o kadar tutarlı olduğu söylenir.

Tutarlılık durumunda $\lambda_{\max} = n$ olup, söz konusu eşitlikten sapma derecesini gösteren tutarlılık indeksi (CI), Denklem (3.10)'daki gibi hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - 1}{n - 1} \quad (3.10)$$

Tutarlılık indeksinin (CI), Tablo 3.2'deki A matrisinin n değerine karşılık gelen tesadüflük indeksine (RI) bölünmesiyle elde edilen orana da “Tutarlılık Oranı (CR)” denir ve bu oranın %10'dan küçük olması beklenir. Bu oranın eşitliğini Denklem (3.11)'de görülmektedir. Aksi takdirde, tutarlılık düzeyi artırılmaya çalışılarak yargılar yeniden gözden geçirilir .

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.11)$$

Tablo 3.2. Farklı Boyuttaki matrisler için tesadüflük indeksi

Boyut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rasgele indeks	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Hesaplanan CR değerinin 0.10 den küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10'den büyük olması ya AHS'deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir.

3.1.4. Seçeneklerin öncelik değerlerinin hesaplanması

Bu aşama yukarıda anlatılan şekilde ancak bu kez, her bir faktör açısından karar noktalarının yüzde önem dağılımları belirlenir. Diğer bir deyişle birbir karşılaştırmalar ve matris işlemleri faktör sayısı kadar (n kez) tekrarlanır. Her bir karşılaştırma işleminden sonra boyutlu ve değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilir. Bu sütun vektörleri aşağıda tanımlanmıştır:

Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması aşamasında ise öncelikle, yukarıda anlatılan n tane mx1 boyutlu S sütun vektöründen meydana gelen ve mxn boyutlu K karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi aşağıdadır:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Sonuçta karar matrisi (K) ile öncelik vektörü (W) ile aşağıdaki gibi çarpıldığında ise “Seçeneklerin Öncelik Değerlerinin” olduğu m elemanlı sütun vektörü elde edilir. En büyük değere sahip olan sütun en iyi kararı gösterir.

$$R = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} \\ R_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ R_{m1} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Aynı işlemler her bir alternatifler bazında her bir kriter için yapılarak alternatifler için de bir sıralama elde edilir.

4. PROMETHEE

4.1. PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE yöntemi temelde karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre ikili kıyaslamalarına dayanır. Diğer çoklu karar verme yöntemlerinden temel farkı, değerlendirme faktörlerinin birbirleri arasında ilişki düzeyini gösteren önem ağırlıklarının yanı sıra, her bir değerlendirme faktörünün kendi iç ilişkisini de dikkate almasıdır. PROMETHEE yöntemi zamanla geliştirilmiştir. İlk olarak 1985 yılında PROMETHEE II yöntemleri geliştirilmiştir. Şu an PROMETHEE VI yöntemi kullanılmaktadır [1,2].

PROMETHEE I yöntemi kullanılarak alternatiflerin belirlenen kriterler temelinde karşılaştırılması ile kısmi öncelikleri (kısmi sıralama) ve PROMETHEE II yöntemi kullanılarak alternatiflerin belirlenen kriterler temelinde karşılaştırılması neticesinde net öncelikleri (tam sıralama) tespit etmek mümkündür [1-4].

4.1.1. PROMETHEE yönteminin hazırlık aşaması

PROMETHEE yönteminin uygulanabilmesi için bir hazırlık aşaması mevcuttur. Bu aşamada tanımlanan seçim ve sıralama problemine bağlı olarak alternatifler, değerlendirme kriterleri ve kriter ağırlıkları belirlenir.

- Alternatif: Tanımlanan seçim ve sıralama problemlerine çözüm olabilecek seçeneklerdir.
- Kriter: Problem ile ilgili olarak seçilecek olan alternatifin sahip olması gereken özellikleridir. Kriter sayısı problemin tipine bağlı olarak değişebilir.
- Kriter Ağırlığı: Problem için belirlenen kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin tespit edilip buna bağlı olarak kriterlere sayısal atamalar yapılmasıdır.

Problemin tanımlanıp, bununla ilgili alternatifler, kriterler ve ağırlıkların tespit edilmesinin ardından PROMETHEE yöntemi uygulama aşamalarına geçilebilir.

4.1.2. PROMETHEE yöntemi algoritması

Birden çok alternatif ve alternatifler ile ilgili birden çok kriterden oluşan seçim ve sıralama problemlerinde kullanılan PROMETHEE yönteminin uygulama süreçlerinin algoritması 7 adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

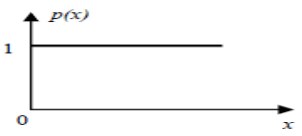
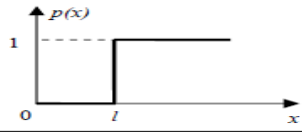
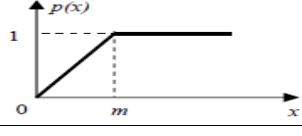
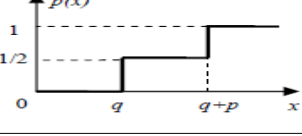
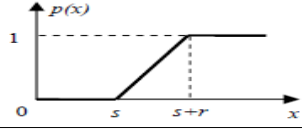
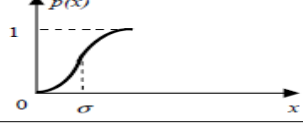
- Veri Kümesinin Oluşturulması
- Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi
- Ortak Tercih Fonksiyonlarının Oluşturulması
- Karar Noktalarına İlişkin Tercih İndekslerinin Belirlenmesi
- Pozitif ve Negatif Üstünlüklerin Belirlenmesi
- PROMETHEE I ile Kısmi Sıralama Yapılması
- PROMETHEE II ile Karar Noktalarının Tam Olarak Sıralaması

Adım 1: Belirlenen alternatifler, kriterler, kriter ağırlıkları ve alternatiflerin ilgili kriterlere göre aldığı değerler bir veri matrisinde tablo haline getirilir. Aşağıdaki veri matrisinde $w=(w_1,w_2,\dots,w_k)$ ağırlıklarına sahip k kriter tarafından $c=(f_1,f_2,\dots,f_k)$ değerlendirilen alternatiflere $A=(a,b,c,\dots)$ ilişkin Tablo 4.1’de verilen şekilde veri matrisi oluşturulur.

Tablo 4.1. Veri matrisin gösterimi

		Kriterler				
		f_1	f_2	f_3	---	f_k
Alternatifler	A	$f_1(A)$	$f_2(A)$	$f_3(A)$	---	$f_k(A)$
	B	$f_1(B)$	$f_2(B)$	$f_3(B)$	---	$f_k(B)$
	C	$f_1(C)$	$f_2(C)$	$f_3(C)$	---	$f_k(C)$
	---	---	---	---	---	---
	Z	$f_1(Z)$	$f_2(Z)$	$f_3(Z)$		$f_k(Z)$
Ağırlıklar	<i>weight</i>	w_1	w_2	w_3	---	w_k

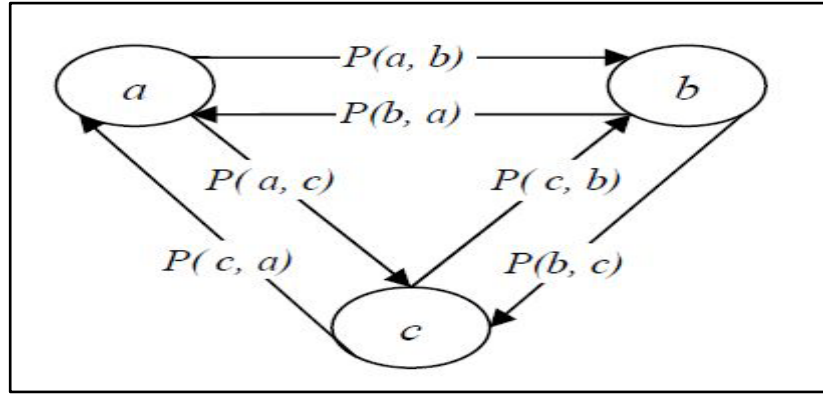
Adım 2: Kriterler için tercih fonksiyonları tanımlanır. Tercih fonksiyonları kriterin yapısına ve alternatiflerde kriter temelinde aranan özelliklere bağlı olarak belirlenir. Yöntemin uygulanmasında kullanılacak 6 farklı tercih fonksiyonu tanımlanmıştır. İlgili fonksiyonlar Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Tip	Parametreler	Fonksiyon	Grafik, $p(x)$
Birinci Tip (olağan)	-	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip (U-tipi)	l	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$	
Üçüncü Tip (V-tipi)	m	$p(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	
Dördüncü Tip (Seviyeli)	q, p	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq q + p \\ 1, & x > q + p \end{cases}$	
Beşinci Tip (Lineer)	s, r	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ (x-s)/r, & s \leq x \leq s+r \\ 1, & x \geq s+r \end{cases}$	
Altıncı Tip (Gaussian)	σ	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x \geq 0 \end{cases}$	

Şekil 4.1. Tercih fonksiyonları[12]

Adım 3: Tercih fonksiyonları dikkate alınarak her bir değerlendirme faktörü için karar noktalarının ikili karşılaştırmaları yapılır ortak tercih fonksiyonları belirlenir. A ve B iki karar noktasını göstermesi durumunda ortak tercih fonksiyonu için aşağıda belirtilen Denklem (4.1) kullanılır.

$$P(A,B) = \begin{cases} 0 & f(A) \leq f(B) \\ p[f(A) - f(B)] & f(A) > f(B) \end{cases} \quad (4.1)$$



Şekil 4.2. Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi[12]

Burada karar noktalarının ikili karşılaştırmalarında değerlendirme faktörünün maksimizasyon yada minimizasyon yönlü olup olmadığına dikkat edilir.

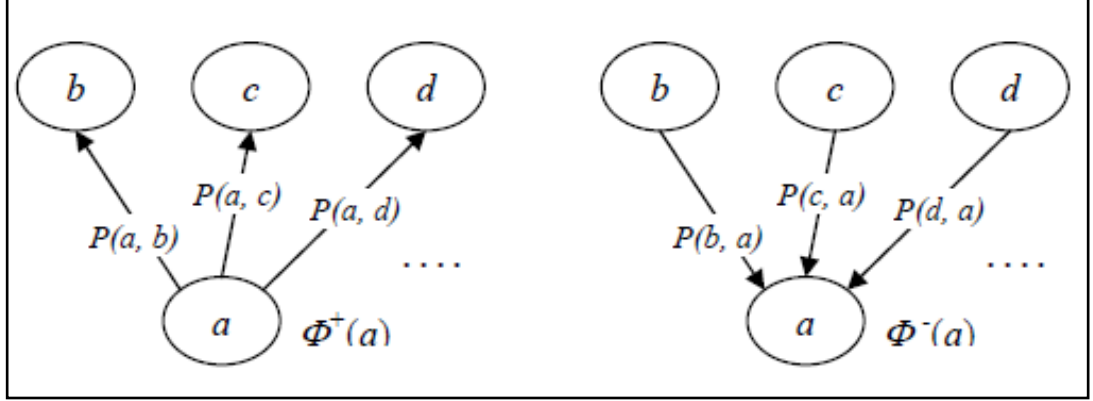
Adım 4: Ortak tercih fonksiyonları kullanılarak karşılaştırılan karar noktalarına ilişkin tercih indeksleri Denklem (4.2) kullanılarak belirlenir. Bu formüldeki k değeri değerlendirme faktörü sayısını gösterir.

$$\pi(A,B) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot P_i(A,B) \quad (4.2)$$

Adım 5: Alternatifler için pozitif (φ^+) ve negatif (φ^-) üstünlükler belirlenir. Alternatif kümesinde yer alan a alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük şematik olarak Şekil 4.3'de gösterilmiş olup; pozitif üstünlük Denklem (4.3), negatif üstünlük ise Denklem (4.4) ile hesaplanır.

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_b \pi(a,b) \quad (4.3)$$

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_b \pi(b,a) \quad (4.4)$$



Şekil 4.3. Pozitif ve negatif üstünlükler[12]

Adım 6: PROMETHEE I ile kısmi öncelikler belirlenir. Kısmi öncelikler alternatif kümesinde yer alan alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarını, birbirinden farksız olan alternatifleri ve birbirleriyle karşılaştırılmayacak olan alternatiflerin belirlenmesini sağlar. a ve b alternatif kümesinde yer alan iki alternatif iken kısmi önceliklerin belirlenmesinde aşağıda verilen durumlar söz konusudur.

- Aşağıda verilen durumlardan herhangi biri sağlanıyorsa a alternatifi b alternatifine tercih edilir.

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi^+(A) > \varphi^+(B) \quad \text{ve} \quad \varphi^-(A) < \varphi^-(B) \\ \text{yada} \\ \varphi^+(A) > \varphi^+(B) \quad \text{ve} \quad \varphi^-(A) = \varphi^-(B) \\ \text{yada} \\ \varphi^+(A) = \varphi^+(B) \quad \text{ve} \quad \varphi^-(A) < \varphi^-(B) \end{array} \right.$$

- Aşağıda verilen durum sağlanıyor ise a alternatifi b alternatifinden farksızdır.

$$\varphi^+(A) = \varphi^+(B) \quad \text{ve} \quad \varphi^-(A) = \varphi^-(B)$$

- Aşağıda verilen durumlardan herhangi biri sağlanıyor ise a alternatifi b alternatifi

ile karılaştırılmaz.

$$\begin{cases} \varphi^+(A) > \varphi^+(B) & \text{ve} & \varphi^-(A) > \varphi^-(B) \\ & \text{yada} & \\ \varphi^+(A) < \varphi^+(B) & \text{ve} & \varphi^-(A) < \varphi^-(B) \end{cases}$$

Adım 7: PROMETHEE II ile alternatifler için net öncelikler aşağıda verilen Denklem (4.5)'e göre hesaplanır. Hesaplanan net öncelik değerleri ile alternatif kümesinde yer alan bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirerek tüm alternatifleri kapsayan tam sıralama belirlenir.

$$\varphi = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (4.5)$$

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

$\varphi(A) > \varphi(B)$ ise a alternatifini daha üstündür.

$\varphi(A) = \varphi(B)$ ise a ve b alternatifleri farksızdır.

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

PROMETHEE, ve AHS yöntemleri bugüne kadar birçok çalışmada kullanılmışlardır. Ama bu çalışmada temel olarak AHS ve PROMETHEE yöntemlerinin beraber kullanılması üzerinde durulduğundan aşağıda bu iki yöntemin beraber kullanıldığı çalışma alanları ilgili bilgi verilmiştir.

Literatür taraması yapıldığında PROMETHEE yönteminin en çok ;

- Çevre Yönetimi
- İş ve Finans Yönetimi
- Lojistik
- Hidroloji ve Su kaynakları yönetimi
- Kimya
- Ulaşım
- Üretim ve Montaj
- Enerji
- Sosyal

PROMETHEE yönteminin yukarıda sayılan bu alanlar için yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

- Al-Rashdan et al. (1999) , çevre projelerinin seçimi ve sıralaması problemi için kullanmıştır.
- Ayoko et al. (2004) , Yerleşim yeri seçimi için kullanmıştır.
- Albadvi (2004), Milli bilgi teknolojileri stratejisinin belirlenmesi
- Zhou et al. (2006) ,Enerji ve Çevre projelerinin modellenmesinde
- Hyde et al. (2003) , yenilenebilir 6 enerji projesinin değerlendirmesinde
- Anand and Kodali (2008) , Yalın üretim sistemlerinin seçilmesi,
- Duvivier et al. (2007) , bölünemez işlerin makineelre atanması için en iyi stratejinin belirlenmesi
-

- Roux et al. (2008) , atama çizelgelerinin sıralaması ve seçimi,
 - Eevli and Demirci (2004), en uygun yer toplu taşıma sisteminin seçilmesi,
 - Fernández-Castro and Jiménez (2005), lojistik firmasına it dağıtım merkezlerinin seçilmesi,
 - Hengren et al. (2006) , ağır metal kirliliği açısından parçacıkların yerleri ve parçacık boyutlarını en iyiden en kötüye için sıralama,
 - Zhang et al. (2006), petrol nesnelere kalitesi performansının çok yönlü bir göstergesi olarak sıralama,
 - Albadvi et al. (2007) , yatırım yapılacak en iyi borsaları seçmek için,
 - Bouri et al. (2002) ,Yatırım için en cazip portföyleri seçmek
 - Doumpos and Zopounidis (2004) ,12 finansal orana dayanarak kredi risk değerlendirmesi yapılması,
 - Halouani et al. (2009) , yatırım projeleri seçiminde,
- çalışmalarında kullanıldığını görülmüştür.

AHS incelendiğinde ise en çok;

- Stratejik Planlama
- Kaynak Yönetimi
- Tahminleme
- Toplam Kalite Yöntemi
- Üretim yönetimi

Literatüre bakıldığında AHS ve PROMETHEE yöntemlerinin ayrı ayrı ya da beraber kullanılarak yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

- Tam ve Tummala (2001), telekom endüstrisinin tedarikçi seçimi problemine AHS'yi uygulamışlar ve yapılan uygulamanın farklı kriterler temelinde farklı sektörler için uygulanabilir bir yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir [20].
- Escobar ve Jimenez (2000), yaptıkları çalışmada AHS'de karşılıklı dağıtımını incelemişler ve verilen öncelikler temelinde en iyi dağıtım planının çıkarılabileceğini iddia etmişlerdir [24].

- Bevilacqua ve Braglia (2000), yaptıkları çalışmada bakım stratejilerinin seçimi için AHS'yi uygulamışlardır [25].
- Badri (2001), yaptığı çalışmada kalite kontrol sistemleri için amaç programlamayı ve AHS'yi birlikte incelemiş ve bu iki yöntemin birleşimi olan bir model geliştirmiştir [26].
- Chan ve Lau (2001), yaptıkları çalışmada malzeme ve ekipman seçim sisteminin dizaynı için AHS ile uzman sistemlerin entegrasyonunu sağlamışlardır [27].

AHS ve PROMETHEE yönteminin beraber kullanıldığı çalışmalar da vardır. Bu çalışmalardaki iki ana ortak nokta ortaya çıkmıştır. Birincisi birkaç yöntemin aynı problem üzerine uygulanması ve sonuçlarının değerlendirilmesidir. Diğeri ise birkaç yöntemin entegre edilme çalışmasıdır. Bunlar;

- Al-Shemmeri et al. (1997) PROMETHEE ile ELECTRE III yöntemlerinin karşılaştırılması
- Babic ve Plazibat (1998) AHS ve PROMETHEE 'nin hibrit kullanımı (AHP kriterlerin ağırlıklarını belirlemede PROMETHEE ise nihai sıralama için kullanılmıştır.)
- Bilsel et al. (2006) AHS ve fuzzy PROMETHEE nin hibrit kullanımı.(Fuzzy AHP kriterlerin ağırlıklarını belirlemede PROMETHEE ise nihai sıralama için kullanılmıştır.)
- Brans et al. (1986) PROMETHEE ve ELECTRE III yöntemlerinin karşılaştırılması
- Dagdeviren (2008) AHS ve PROMETHEE'nin hibrit entegrasyonu /A PROMETHEE, AHP, TOPSIS, ve ELECTRE yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması
- Geldermann ve Rentz (2005) PROMETHEE, ve AHS yöntemlerinin sonuçlarıjn karşılaştırılması
- Gilliams et al. (2005) PROMETHEE II, ELECTRE III, ve AHS yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması
- Goletsis et al. (2003) ELECTRE III ve PROMETHEE yöntemlerinin entegre kullanılması

- Hendriks et al. (1992) A comparison of the differences and similarities of PROMETHEE, Pareto optimality, Desirability functions, Overlay plots, Utility function
- Hermans and Erickson (2007) A comparison of PROMETHEE, MAUT and AHS
- Kangas et al. (2001a) ELECTRE III ve PROMETHEE II yöntemlerinin entege edilmesi
- Kangas et al. (2001b) ELECTRE III ve PROMETHEE II yöntemlerinin sonuçların karşılaştırılması

Literatür çalışmalarına yukarıda da görüldüğü üzere AHS Ve PROMETHEE yöntemleri tekil olarak ya da beraber birçok farklı alanlardaki birçok çalışmada kullanılmıştır. Beraber kullanıldıkları çalışmaların çoğunda ise problem üzerine iki yöntem ayrı ayrı uygulanıp çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çok az çalışmada ortak kullanılmışlardır. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan temel farkı iki yöntemin zayıf ve üstün yönlerini çok açık belirterek, ilk defa iki yöntemi hibrit şekilde kullanarak bir “Proje Seçimi” problemine uygulanmasıdır. Oluşturan hibrit model başka alanlardaki problemlere uygulanacak bir modeldir.

6. AHS VE PROMETHEE YÖNTEMLERİNİN ENTEGRASYONU

AHS yöntemi; çok kriterli karar vermede karar vericinin önceliklerini dikkate alarak asıl olarak kriter veya alternatiflerin ikili olarak karşılaştırılmasından elde edilen öncelik değerlerine dayalı bir ölçüm teorisidir. PROMETHEE yöntemi ise bir sıralama yöntemidir. Bu iki yöntemin güçlü ve zayıf yönleri mevcuttur. Bu çalışmada hedeflenen ise bu iki yöntemin güçlü yönlerini bir araya getirerek karar verici için en iyi alternatifi bulacak aynı zamanda en seçenekler arasından iyi sıralamayı verecek hibrit bir yöntem elde etmektir. Aşağıda bu iki yöntemin zayıf ve üstün yönleri maddeler halinde belirtilmiştir. Bunlar;

- AHP yönteminde problem alt parçalara bölünüp hiyerarşik olarak ifade edildiğinden çok karmaşık problemler bile çok kolay ifade edilebilmektedir. PROMETHEE yönteminde kriter sayısı 7'yi geçtiğinde problem çok karmaşık bir hale gelmektedir.
- PROMETHEE metodunun önerdiği somut bir ağırlık hesaplama metodu yoktur. Kriterlere ağırlık verilmesi tamamen problemi tanımlayan uzmanların kişisel görüşlerine bırakılmıştır. AHS yönteminde bu iş daha bilimsel yöntemle yapılmaktadır. Tüm kriterler ikili olarak karşılaştırıldıklarından görece önem daha net olarak ortaya çıkmaktadır.
- AHS yönteminde problem çok fazla alt sistemden oluştuğundan ve her bir kriter için ikili kıyaslamalar yapıldığından üzerinde çalışılacak çok fazla veri oluşur. PROMETHEE yönteminde ise daha az veriyle sonuca gidilebilir.
- PROMETHEE I yönteminde ödününden (tradeoff) kaçınıldığından veri kaybı yaşanmaz. Ama AHS ve PROMETHEE II de kümülatif sonuçlar üzerinden değerlendirme yapıldığından bazı veriler kaybolur.
- AHS yönteminde kriterler arasında ikili kıyaslama yaparken göreceli önem için 1-9 arasındaki skala kullanılır. Ama bu bazen mantıksal kısıtlar oluşturur. Örneğin A kriteri B kriterinden 5 kat daha önemli ve B kriteri de C kriterinden 5 kat daha önemli ise mantıksal olarak A kriterinin C den 25 kat daha önemli

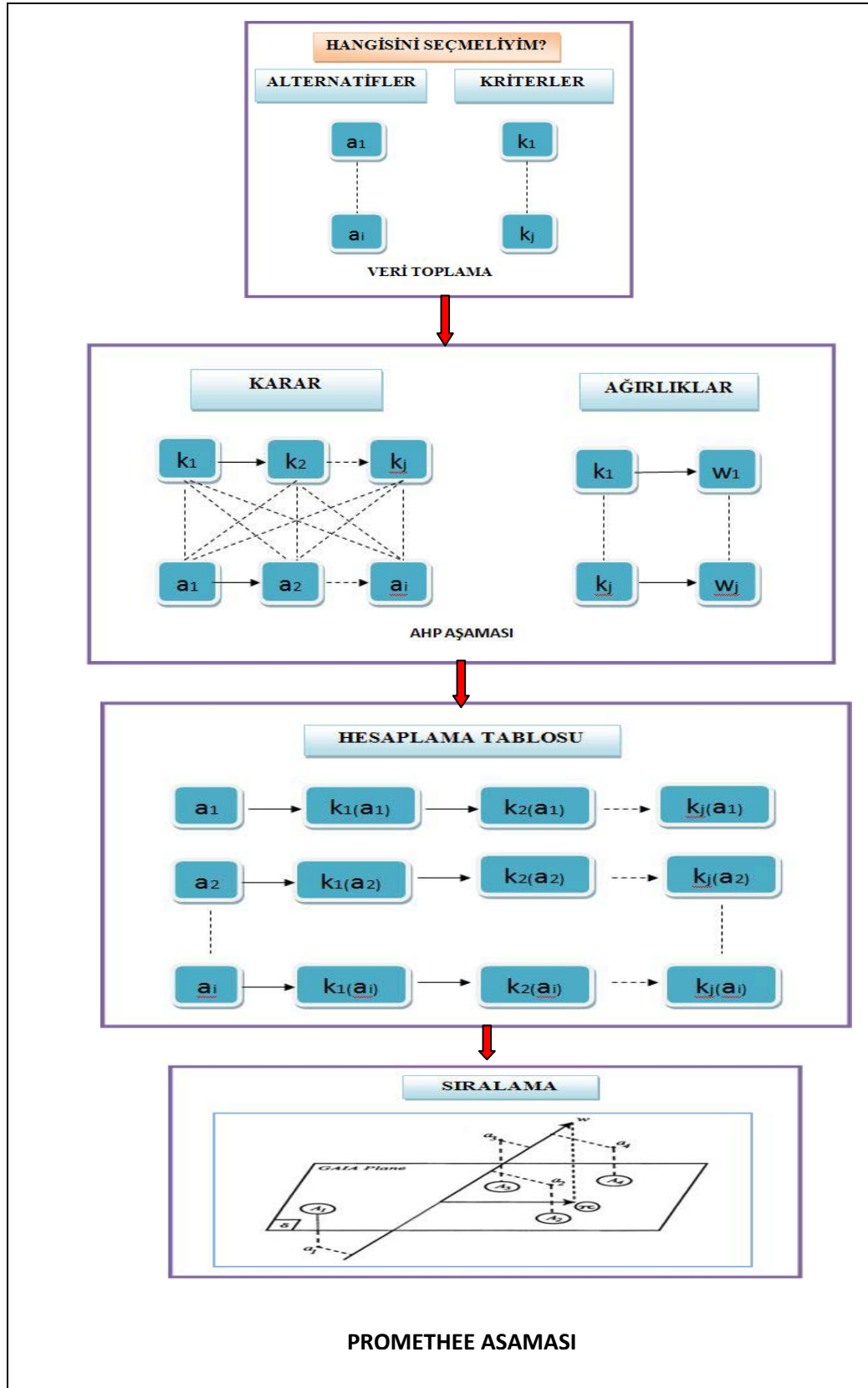
olması gerekir. Ama 1-9 arası scala kullanıldığından A kriteri C den en fazla 9 kat daha önemli olabilmektedir.

- PROMETHEE yönteminde elde edilen sonuçlar AHP yöntemine göre görselliği yüksek olarak ifade edilebilmekte ve her bir kriterin sonuca etkisi daha net olarak ifade edilebilmektedir. Bunda PROMETHEE yöntemindeki Geometrical Analysis for Interactive Aid (GAIA) gösterim tekniğinin kullanılmasının büyük payı vardır.

Yukarıda belirtilen hususlar dikkate alınarak proje seçimi işleminde bu iki yöntem beraber kullanılmıştır. Bu çalışmada önerilen AHS-PROMETHEE yaklaşımı temelde 7 adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Problemin tanımı ve verilerin toplanması
- Alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesi
- Hiyerarşinin oluşturulması (AHS ile yapılmıştır.)
- Ağırlıkların hesaplanması (AHS ile yapılmıştır.)
- PROMETHEE için hesaplama tablosunun oluşturulması ve tercih fonksiyonlarının belirlenmesi
- PROMETHEE 1 ile kısmi ve PROMETHEE 2 ile tam sıralama işlemlerinin yapılması
- PROMETHEE ile duyarlılık analizinin yapılması

Önerilen çözüm yöntemini Şekil 6.1’de görsel olarak görmek mümkündür.



Şekil 6.1. AHS-PROMETHEE yaklaşımı

7. UYGULAMA

Bu tez çalışmasına konu olan tekstil firmasının önemli bir karar verme problemi mevcuttur. Firmanın 2013 yılı için belli bir bütçe dahilinde(yaklaşık iki milyon dolar) 30 proje arasından firma hedeflerine en uygun olan proje ve ya projeleri seçmesi ve kriterlerine uygun olarak önceliklendirmesi gerekmektedir. Tekstil firmamızdaki değerlendirmeye girecek projeleri aşağıdaki değişik başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür.

Bunlar;

- Enerji tasarruf projeleri
- Kalite iyileştirme projeleri
- Verimlilik artırma projeleri
- İşçi sağlığı ve güvenliği(İSG) idame projeleri
- Laboratuvar yatırımları projeleri
- Modernizasyon projeleri
- ARGE projeleri
- Diğer projeler

olarak sınıflandırılmaktadır. Tez çalışmasına konu olan tekstil firması için proje seçiminde öne çıkan yedi ana kriter mevcuttur. Bunlar;

- Maliyet,
- Müşteri memnuniyeti,
- Verimlilik,
- Geri dönüşüm süresi(Return of Investment-ROI),
- İşçi sağlığı,
- Çalışan memnuniyeti

- 5S faaliyetlerine katkısı

olarak belirlenmiştir. Tekstil firması için daha önce denildiği gibi ARGE projeleri ayrı bir öneme sahiptir. Her yıl birçok ARGE projesi arasından bir tanesi seçilerek genel projeler arasına alınmakta ve bu projenin sorumlularına ödül verilmektedir. Dolayısı ile başarılı projenin seçim işleminin bilimsel bir altyapıya dayanması personelin kuruma güveni açısından da çok önemlidir. Bu çalışmaya konu olan 20 adet ARGE Projesi mevcuttur.

ARGE projelerinin değerlendirilmesinde uzmanlar tarafından belirlenen 10 kriter göz önünde bulundurulmaktadır. Bunlar;

- Ekip çalışmasına yatkınlık
- Projeye karşı heves
- Planlı gözden geçirme toplantılarına hazırlıklı ve zamanında katılım
- Projede planlanan kazanımlara ulaşıldı mı
- Takvime uygunluk
- Altı sigma araçlarının kullanımı
- Sınavda aldığı not
- Sunumdaki yetkinlik
- Eğitimlere devam durumu
- Danışman tarafından verilen kanaat notu

Bu kriterler baz alınarak ARGE projeleri kendi arsında bir sıralamaya tabi tutulur ve en iyi proje genel projeler arsında girmeye hak kazanır. Ayrıca birinci olan ARGE projesi ekibine ödül verilir.

“ARGE Projeleri” ve “Ana Proje” seçim işlemleri yukarıda detaylı olarak anlatılan hibrit model kullanılarak “Expert Choice” ve “Visual PROMETHEE” yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

7.1. En iyi ARGE Projesi Seçimi

Genel proje seçimine katılacak ARGE projesinin seçim işlemi “Visual PROMETHEE” yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. En iyi ARGE projesi seçimi için 20 adayın projesi değerlendirmeye alınmıştır. Bu projeler 10 kriter baz alınarak karşılaştırılmaya tabi tutulmuştur ARGE projesi seçiminde kullanılan veriler şekil 7.1’de verilmiştir.

Scenario1	EKIP ÇALIŞM...	PROJEYE KA...	PGGTHZ_KA...	PLANLANAN...	TAKVIME_UY...	ALTI SIGMA ...	SINAV_NOTU	SUNUMDAKI...	EĞİTİMLERE ...	DANIŞMAN ...
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	unit	5-point	5-point	5-point
Cluster/Group										
Preferences										
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
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	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics										
Minimum	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	0,00	2,00	1,00	3,00
Maximum	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Average	3,30	3,80	3,75	3,10	3,90	3,60	3,91	3,90	4,05	4,15
Standard Dev.	0,95	1,03	0,54	1,30	0,77	0,73	1,17	0,83	1,24	0,73
Evaluations										
G.B	very good	very good	good	bad	good	good	4,40	good	very good	very good
O.Y	bad	average	average	very good	very good	bad	5,00	good	good	good
A.A	good	good	good	very good	very good	good	5,00	very good	very good	very good
O.A	bad	bad	good	average	good	good	2,23	average	good	good
T.Y	bad	good	good	bad	good	good	5,00	good	very bad	very good
S.A	average	average	average	bad	good	good	4,40	bad	good	very good
H.Ö	bad	average	average	good	good	average	3,95	average	good	good
G.E	bad	average	bad	very bad	good	average	4,25	average	bad	good
T.Ö	very good	very good	good	good	good	very good	4,25	very good	very good	very good
M.E	average	good	good	good	good	average	4,05	good	very good	good
Ç.B	good	average	good	very good	very good	average	0,00	very good	bad	average
G.E2	average	average	good	average	average	bad	4,25	average	bad	average
S.A	good	good	good	good	good	good	4,40	good	good	good
O.A	average	bad	good	bad	bad	good	2,23	good	good	average
E.A	good	very good	good	good	good	good	4,95	very good	very good	very good
C.G	good	very good	good	average	good	good	3,90	very good	very good	very good
R.K	good	very good	good	very bad	good	good	4,25	good	very good	good
U.O	good	very good	good	very bad	good	good	3,70	good	very good	good
K.D	average	very good	good	good	good	good	3,50	good	very good	good
E.T	average	average	good	average	bad	average	4,45	average	very good	average

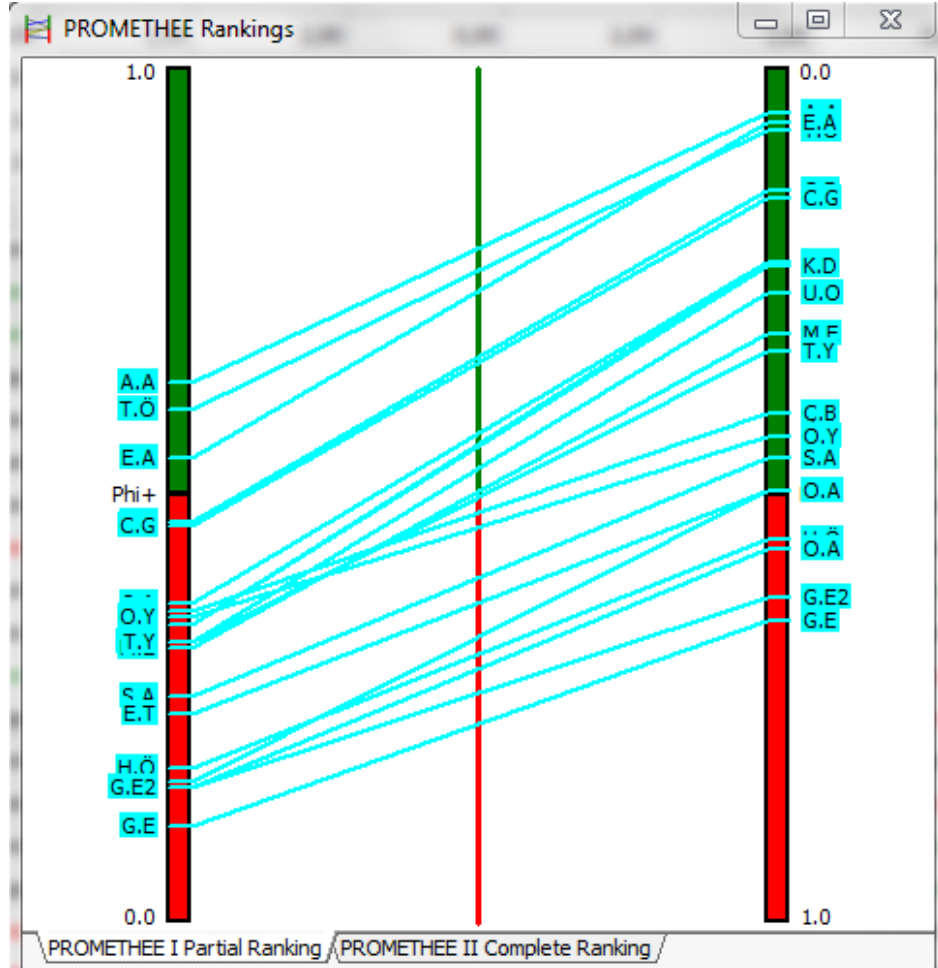
Şekil 7.1. En iyi ARGE projesi seçimi sırasında kullanılan veriler

7.1.1. Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Kriterlere eşit ağırlıklar verilmiştir. Her bir kriterimizin ağırlığı 0.1 dir. Bu yüzden ARGE projesi seçiminde kullanılan kriterlerin ağırlıkları hesaplanırken AHS yönteminin kullanılmasına gerek kalmamıştır.

7.1.2. PROMETHEE I ile kısmi sıralama

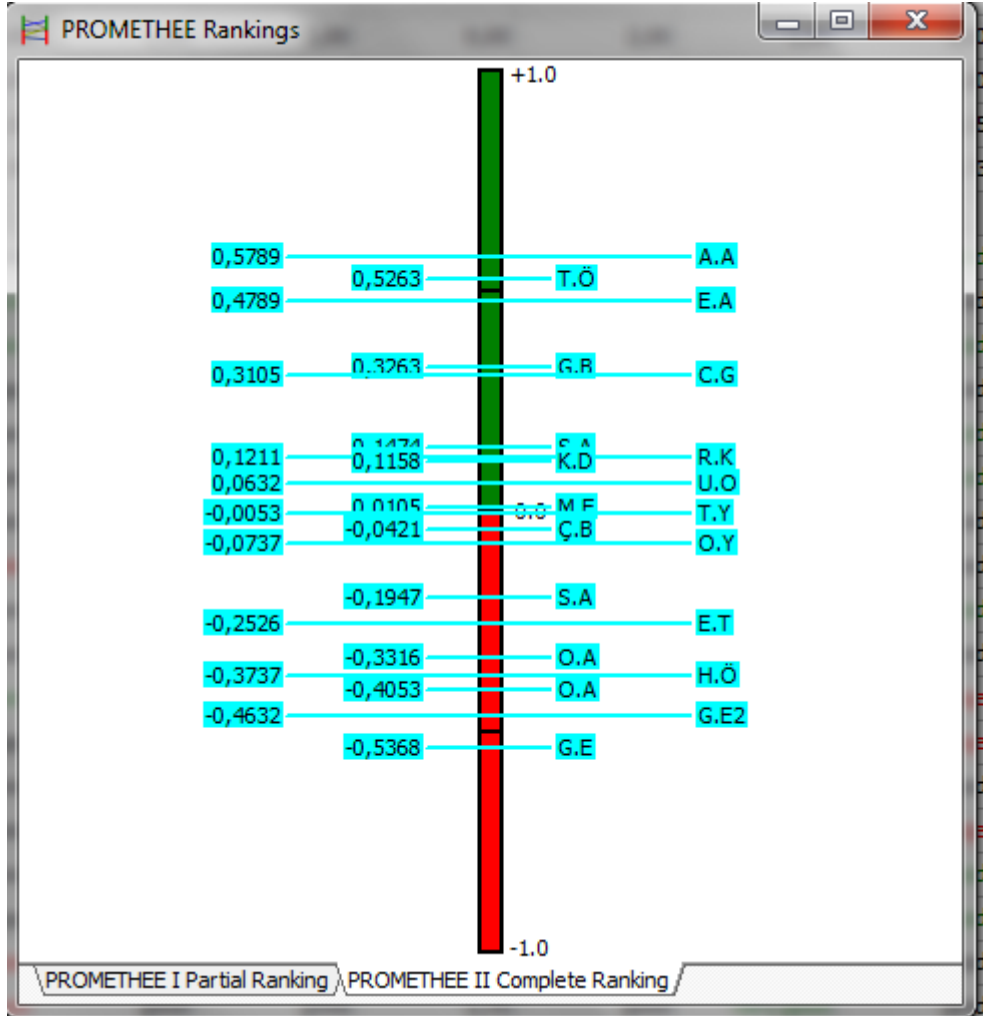
POMETHEE I yöntemi ile kısmi sıralama sonucu oluşan sonuçlar şekil 7.2’de verilmiştir. Bu sonuca bakarak A.A. şahsına ait projenin pozitif üstünlük değerinin en büyük (en iyi), negatif üstünlük değerinin en düşük (yine en iyi) olduğu görülmektedir.



Şekil 7.2. PROMETHEE I sonucu else edilen ile kısmi sıralama

7.1.3. PROMETHEE II ile tam sıralama

PROMETHEE II yönteminin pozitif ve negatif üstünlük değerlerini beraber dikkate alarak yaptığı hesaplama sonucu A.A. şahsına ait proje birinci olarak sıralamada yer almıştır. PROMETHEE II yöntemi kullanılarak oluşturulan sıralama sonuçları Şekil 7.3'de verilmiştir.

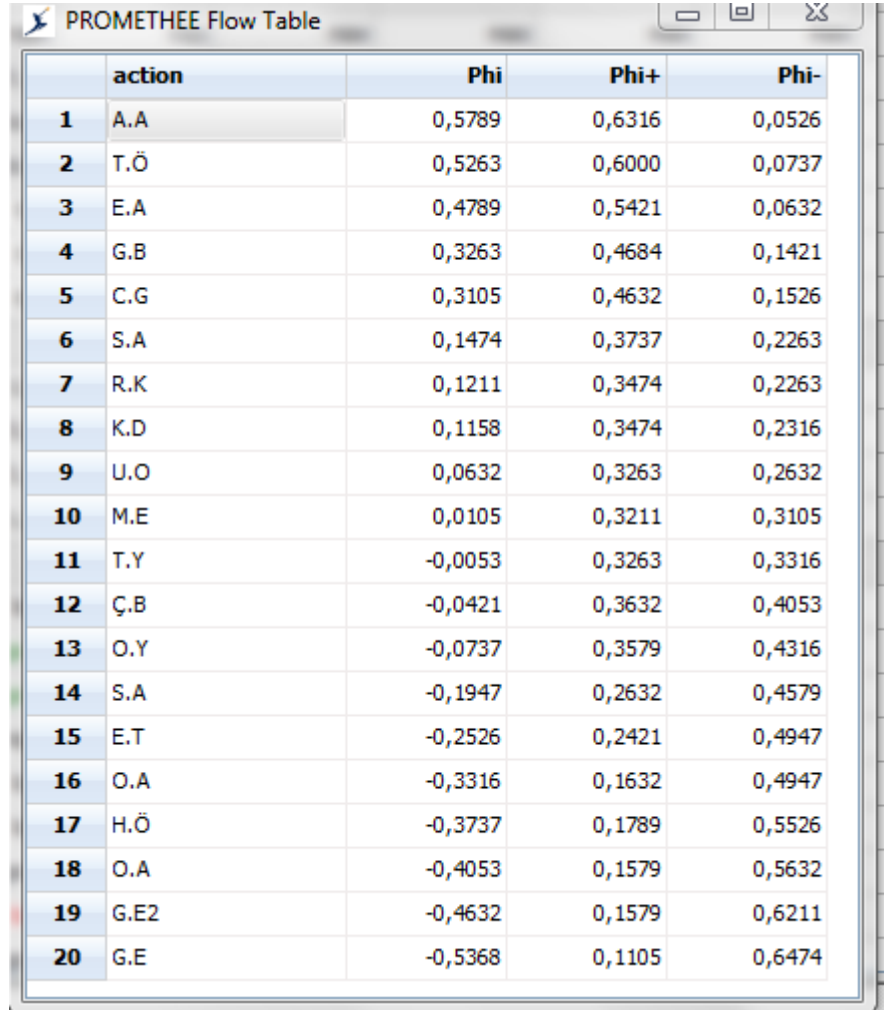


Şekil 7.3. PROMETHEE II sonucu oluşan tam sıralama sonuçları

En iyi ARGE projesi seçimi sonucu A.A. şahsına ait proje kriterler baz alınarak yapılan değerlendirme sonucu en iyi proje olarak sıralamada birinci olmuş ve genel projeler arasında değerlendirilecek proje olmaya hak kazanmıştır. Ayrıca bu projenin sahibi olan A.A. şahsına ödül verilmiştir.

7.1.4. PROMETHEE II için net, pozitif ve negatif üstünlük değerleri

PROMETHEE II yöntemi tam sıralama işlemini negatif ve pozitif üstünlük değerlerini kullanarak elde ettiği net üstünlük değerine yapar. Seçeneklere ait pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin ayrıntılı değerleri Şekil 7.4’de verilmiştir.



	action	Phi	Phi+	Phi-
1	A.A	0,5789	0,6316	0,0526
2	T.Ö	0,5263	0,6000	0,0737
3	E.A	0,4789	0,5421	0,0632
4	G.B	0,3263	0,4684	0,1421
5	C.G	0,3105	0,4632	0,1526
6	S.A	0,1474	0,3737	0,2263
7	R.K	0,1211	0,3474	0,2263
8	K.D	0,1158	0,3474	0,2316
9	U.O	0,0632	0,3263	0,2632
10	M.E	0,0105	0,3211	0,3105
11	T.Y	-0,0053	0,3263	0,3316
12	Ç.B	-0,0421	0,3632	0,4053
13	O.Y	-0,0737	0,3579	0,4316
14	S.A	-0,1947	0,2632	0,4579
15	E.T	-0,2526	0,2421	0,4947
16	O.A	-0,3316	0,1632	0,4947
17	H.Ö	-0,3737	0,1789	0,5526
18	O.A	-0,4053	0,1579	0,5632
19	G.E2	-0,4632	0,1579	0,6211
20	G.E	-0,5368	0,1105	0,6474

Şekil 7.4. Pozitif Negatif ve Net üstünlük değerleri

7.2. En İyi Ana Proje Seçimi ve Projelerin Sıralanması

7.2.1. Kriter ağırlıklarının hesaplanması

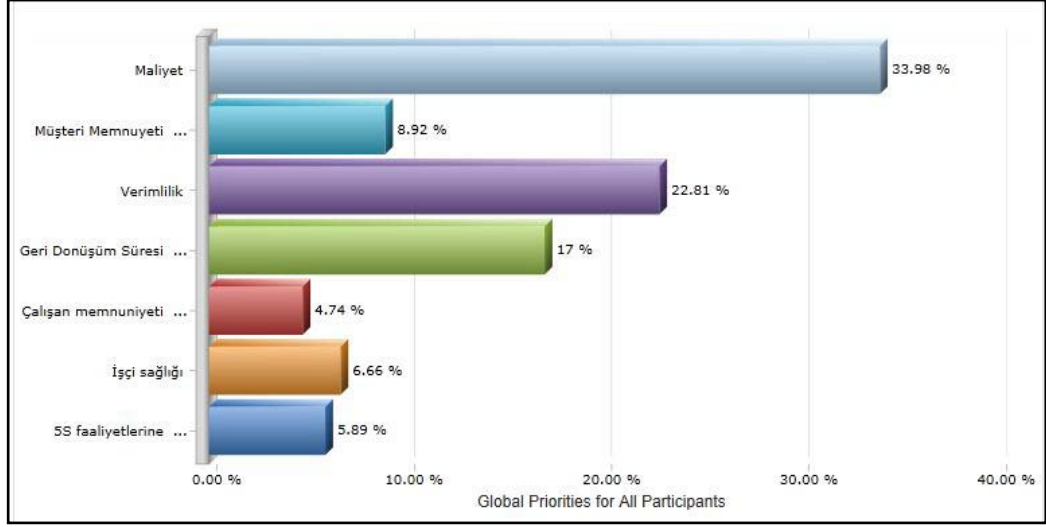
Tekstil firmamıza ait değerlendirmeye tabi tutulacak 19 projemiz vardır. Bu projeleri değerlendirirken uzmanlar tarafından birçok kriter arasından yedi ana kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin ağırlıkları AHS yöntemi ile belirlenmiştir. Yukarıda detaylı açıklandığı gibi ASH yöntemi temelde ikili kıyaslamaya dayanmaktadır. Uzmanlarımız kriterleri kendi aralarında kıyasladıklarında Tablo 7.1’de görüldüğü gibi bir kıyaslama matrisi oluşmuştur.

Tablo 7.1. Ana proje kriterleri karşılaştırma tablosu

KRİTERLE							
R	Maliyet	Müşteri Memnuniyeti	Verimlilik	Geri Dönüşüm Süresi	İşçi Sağlığı	Çalışan Memnuniyeti	5S Faaliyetlerin e Katkısı
Maliyet	1	4	3	3	4	3	5
Müşteri Memnuniyeti	0,50	1	0,25	0,33	2	3	2
Verimlilik		4	1	2	4	3	5
Geri dönüşüm süresi				1	4	4	3
İşçi sağlığı					1	2	0,5
Çalışan memnuniyeti						1	0,33
5S Faaliyetlerin e Katkısı							1

Tablo 7.1 de sadece köşegen üzerindeki veriler verilmiştir. Çünkü köşegenin altında bulunan değerler üstündeki değerlerin $1/a_{ij}$ şeklindedir.

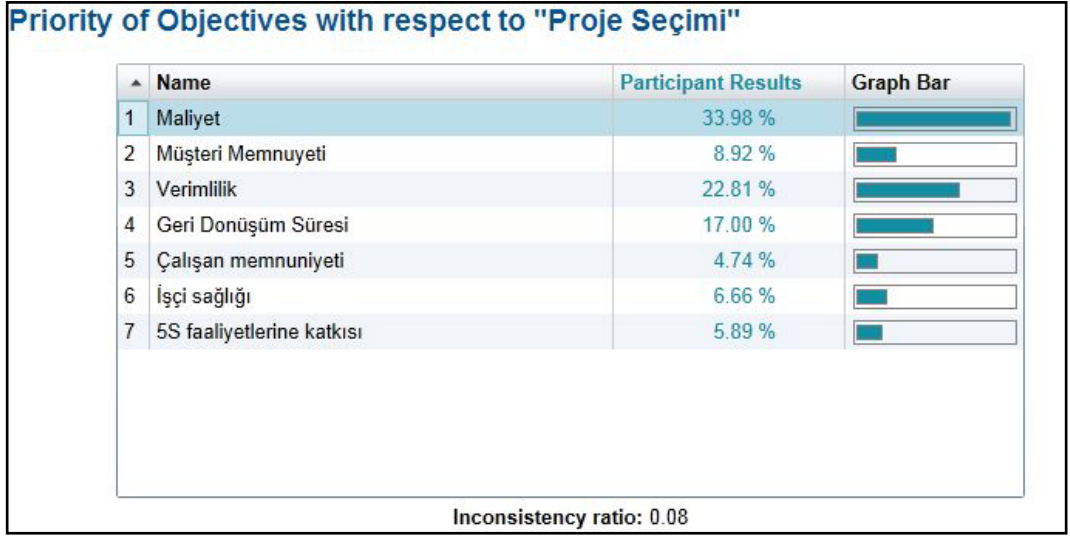
Tablo 7.1 deki veriler “Expert Choice ” yazılımı kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Şekil 7.5 de yapılan hesaplama sonucu oluşan kriter ağırlıkları görülmektedir. “Maliyet” kriteri en önemli kriter olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 7.5. Ana proje seçiminde kullanılan kriterlerin ağırlıkları

7.2.2. Tutarlılık oranının hesaplanması

AHS de kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra tutarlılık indeksinin de hesaplanması gerekmektedir. Tutarlılık indeksi 0.10 değerinden küçük olmalıdır. Eğer bu değerden büyük ya da eşit bir değer çıkarsa karşılaştırma matrisindeki(Tablo 7.1) veriler uzmanlar tarafından yeniden değerlendirilip tutarsız karşılaştırmalar değiştirilmelidirler. Yine “Expert Choice “ yazılımı kullanılarak tutarlılık indeksi de hesaplanmıştır. Şekil 7.6 de kriter ağırlıkları ve tutarlılık indeksi görülmektedir. Hesaplama sonucu tutarlılık indeksi değerimiz 0.08 (CR=0.08) çıkmıştır. Bu değer değişik birçok kriterin olduğu bu durum için oldukça iyi bir değerdir. Bu değer karşılaştırma matrisindeki verilerimizin oldukça tutarlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.6. Tutarlılık indeksi ve kriter ağırlıkları

7.2.3. Verilerin “Visual PROMETHEE” uygulamasına aktarılması

Kriterlerimizin ağırlıkları hesapladıktan sonra artık PROMETHHE yöntemi ile projelerimizi sıralama işlemine geçebiliriz Bu işlem için daha önce de denildiği gibi “Visual ROMETHEE” uygulaması kullanılmıştır. Şekil 7.7 da alternatifler ve kriterlerin “Visual PROMETHEE” uygulamasındaki yapısı verilmiştir.

Scenario1	MALİYET	MÜŞTERİ ME...	VERİMLİLİK	GERİ DÖNÜŞ...	İŞÇİ SAĞLIĞI	ÇALIŞAN ME...	SS FAALİYET...
Unit	unit	5-point	unit	unit	5-point	5-point	5-point
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences							
Min/Max	min	max	max	min	max	max	max
Weight	0,34	0,08	0,23	0,17	0,07	0,05	0,06
Preference Fn.	V-shape	Usual	Usual	Gaussian	Usual	Usual	V-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	400000,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,00
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	3,0000	n/a	n/a	n/a
Statistics							
Minimum	60000,00	2,0	1,00	0,1000	2,00	2,00	2,00
Maximum	800000,00	5,0	19,00	5,6980	5,00	5,00	5,00
Average	283763,33	2,7	3,33	1,1105	2,27	2,73	3,10
Standard Dev.	181861,53	0,7	3,97	1,2203	0,68	0,81	0,94
Evaluations							
ProjeA-1	800000,00	bad	7,00	3,1700	bad	average	average
ProjeA-2	157900,00	bad	1,00	0,1320	bad	bad	bad
ProjeA-3	200000,00	bad	1,00	2,0720	bad	bad	bad
ProjeA-4	60000,00	average	1,00	0,9920	bad	bad	average
ProjeA-5	80000,00	average	2,00	1,5870	bad	average	average
ProjeA-6	400000,00	good	4,00	2,9100	bad	bad	average
ProjeA-7	250000,00	average	1,00	0,9380	bad	bad	average
ProjeA-8	90000,00	bad	1,00	2,0000	bad	bad	bad
ProjeA-9	350000,00	bad	1,00	1,7150	bad	bad	bad
ProjeA-10	650000,00	bad	2,00	5,6980	bad	bad	bad
ProjeA-11	90000,00	bad	1,00	1,0290	bad	bad	bad
ProjeA-12	610000,00	bad	2,00	3,1720	bad	bad	bad
ProjeB-1	300000,00	very good	4,00	0,5000	average	average	very good
ProjeB-2	250000,00	average	4,00	0,5000	bad	average	very good
ProjeB-3	200000,00	good	3,00	0,7000	bad	average	good
ProjeB-4	300000,00	average	3,00	0,5000	bad	average	good
ProjeB-5	200000,00	bad	3,00	0,6000	bad	average	average
ProjeB-7	400000,00	average	5,00	0,5000	bad	average	average
ProjeC-1	300000,00	average	15,00	0,3000	bad	bad	good
ProjeC-2	260000,00	average	19,00	0,4000	bad	good	good
ProjeC-3	130000,00	bad	3,00	0,3000	bad	bad	average
ProjeC-4	100000,00	bad	4,00	0,2000	bad	bad	average
ProjeC-5	500000,00	average	3,00	0,5000	bad	bad	bad
ProjeD-1	300000,00	average	1,00	0,1000	very good	good	average
ProjeE-1	150000,00	average	1,00	0,4000	average	good	average
ProjeE-2	300000,00	average	1,00	0,5000	good	very good	good
ProjeE-3	150000,00	bad	1,00	0,7000	bad	good	bad
ProjeF-1	570000,00	average	3,00	0,3000	average	average	average
ProjeF-2	140000,00	bad	2,00	0,6000	bad	average	very good
ProjeF-3	225000,00	bad	1,00	0,3000	bad	average	good

Şekil 7.7. Ana proje seçimi verileri

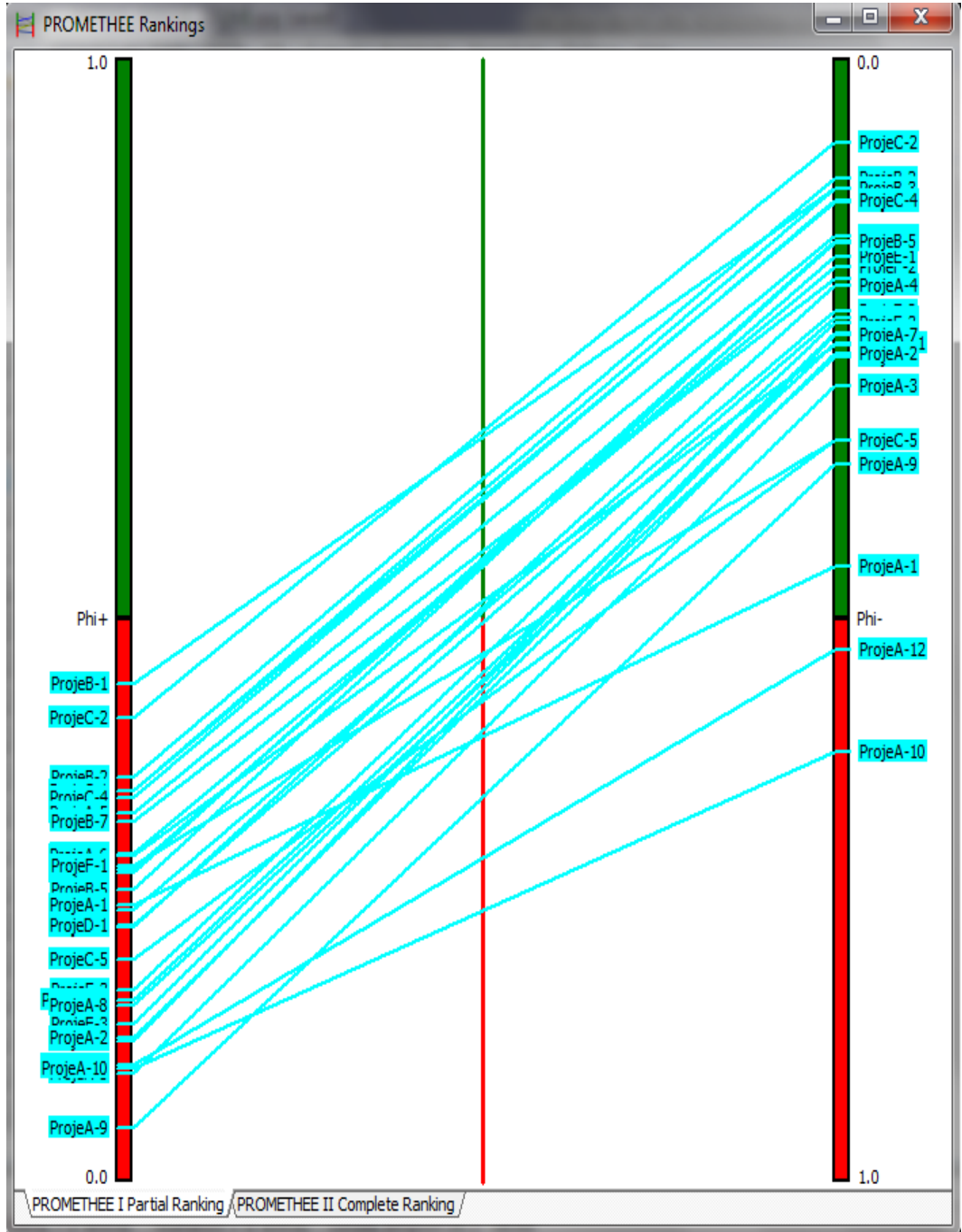
7.2.4. Tercih fonksiyonlarının belirlenmesi

Tekstil firmamızın uzmanları “maliyet”, “geri dönüşüm süresi” ve “5S faaliyetlerine katkı” kriterleri için 3 ayrı tercih fonksiyonu belirlemiştir. Bunlar;

- “maliyet” kriteri için maliyetin < 400000 olması (Üçüncü tip tercih fonksiyonu –V tipi)
- “geri dönüşüm süresi” için ortalama geri dönüşüm sürelerinden küçük olması (Altıncı tip tercih fonksiyonu -Gussian)
- “5S faaliyetlerine katkı” kriteri için ise ortamlarla değerden büyük olması tercih sebebi olarak kabul edilmiştir. (Altıncı tip tercih fonksiyonu -Gussian)

7.2.5. PROMETHEE I ile kısmi sıralama

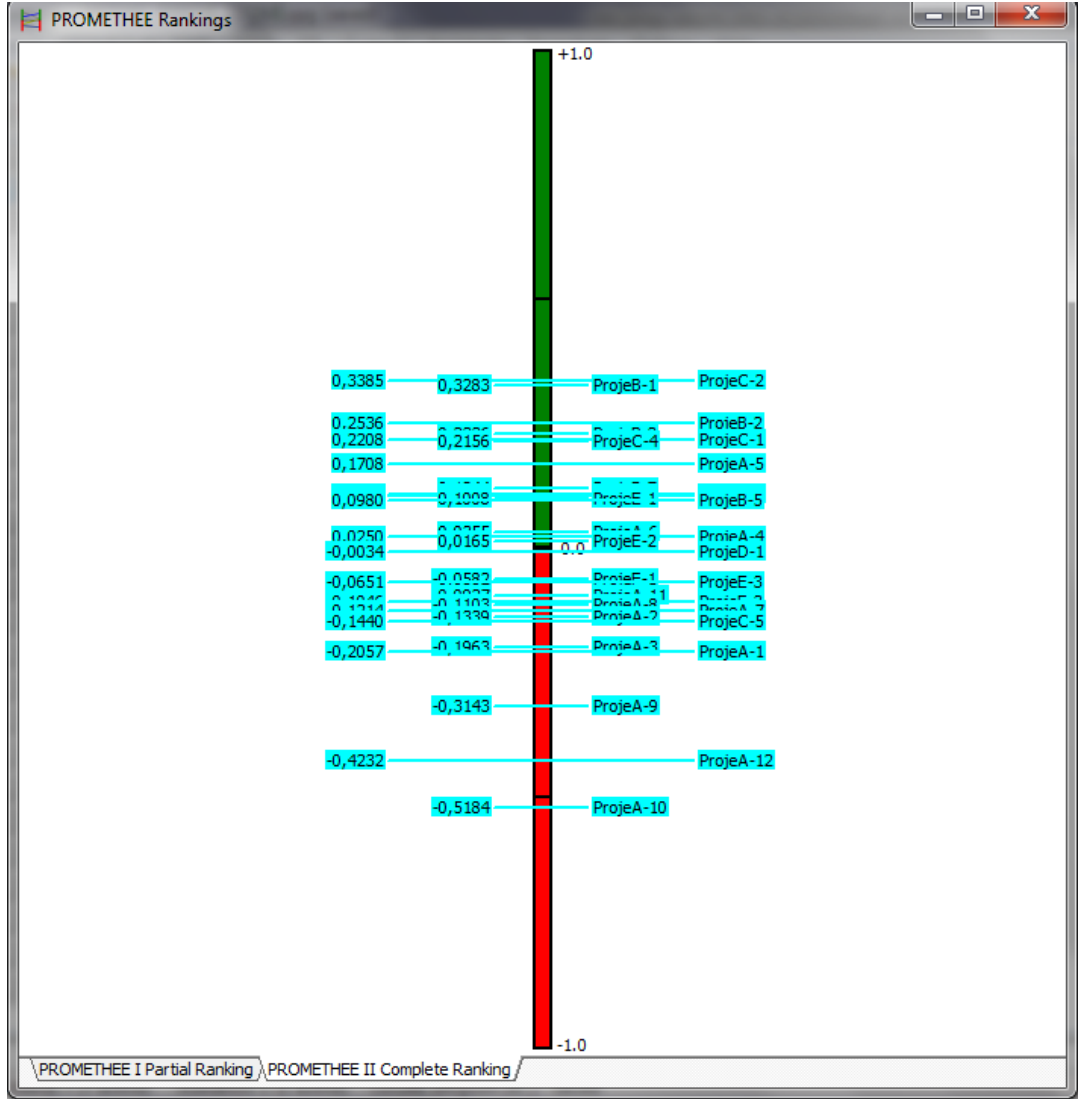
Yukarıda belirlenen tercih fonksiyonlarına ve kriterlerimize uygun PROMETHEE I sonucu oluşan sıralama Şekil 7.8. de verilmiştir. Bu şekilde ödünümünden kaçınarak alternatiflerin üstün ve zayıf yönleri açık şekilde görülebilir. Alternatiflerin yani seçeneklerin pozitif üstünlükleri (diğer seçeneklere baskınlık değerleri) ve negatif üstünlükleri (diğer seçenekler tarafından basılman olma durumları) görülmektedir. Şekil 7.8 görüldüğü üzere pozitif üstünlük değeri en iyi olan seçenek “ProjeC-2” iken negatif üstünlük değeri en iyi olan seçenek ise “ProjeB-1” seçeneğidir. Buradan pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin her ikisinde de en iyi olan bir alternatifin olmadığı görülmektedir.



Şekil 7.8. Ana proje seçimi PROMETHEE I sonucu oluşan kısmi sıralama

7.2.6. PROMETHEE II ile tam sıralama

Pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin beraber değerlendirildiği tam sıralama işlemi PROMETHEE II yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve Şekil 7.9 deki sıralama elde edilmiştir. PROMETHEE II yöntemi oluşan tam sıralama sonucu “ProjeC-2” birinci sırayı elde etmiştir. Bunu sırasıyla “ProjeB-1” ve “ProjeB-2” izlemiştir. Bu sıralama kısıtlı bütçenin harcanacağı projeleri gösterdiğinden çok önemli bir veridir.



Şekil 7.9 Ana proje seçimi PROMETHEE II sonucu oluşan tam sıralama

7.2.7. PROMETHEE II için net, pozitif ve negatif üstünlük değerleri

PROMETHEE II yöntemi tam sıralama işlemini negatif ve pozitif üstünlük değerlerini kullanarak elde ettiği net üstünlük değerine yapar Seçeneklere ait pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin ayrıntılı değerleri Şekil 7.10 da verilmiştir. Şekil 7.10 a dikkatle bakılırsa sıralamada ikinci gelen “ProjeB-1” in pozitif üstünlük değeri diğer tüm seçeneklerin pozitif üstünlük değerinden daha iyidir. Buda onun tüm kriterler baz alındığında seçeneklerin ikili kıyaslamasında bu seçeneğin iyi oldu kriterlerde diğerlerinden daha üstün olduğu ama kötü olduğu kriterlerde ise birinci sırada yer alan “ProjeC-2” den daha kötü olduğunu göstermektedir.

Şekil 7.10 da dikkat çeken husus “ProjeC-2” seçeneğinin en iyi pozitif üstünlük değerine sahip olmadığı halde (en iyi pozitif üstünlük değerine sahip seçenek “ProjeB-1” seçeneğidir) net üstünlükte değerlerinin hesaplanması sonucu birinci sırada yer alan seçenek olmasıdır. PROMETHEE yöntemi tam sıralama yaparken sadece pozitif üstünlüğü bakmaz negatif üstünlüğü de dikkate alır. Negatif üstünlük değeri en iyi (en küçük değer) olan seçenek “ProjeC-2” seçeneğidir. Yani “ProjeC-2” seçeneği birçok kriterde diğer seçeneklere oranla en az basılgan olan seçenektir. “ProjeB-1” seçeneği basılganlık bakımından “ProjeC-2” seçeneğine ve diğer seçeneklere oranla daha basılgan olmasına rağmen, basılganlık bakımından “ProjeC-2” seçeneğinde kötü olduğu için tam sıralama sonucu ikinci seçenek olmuştur.

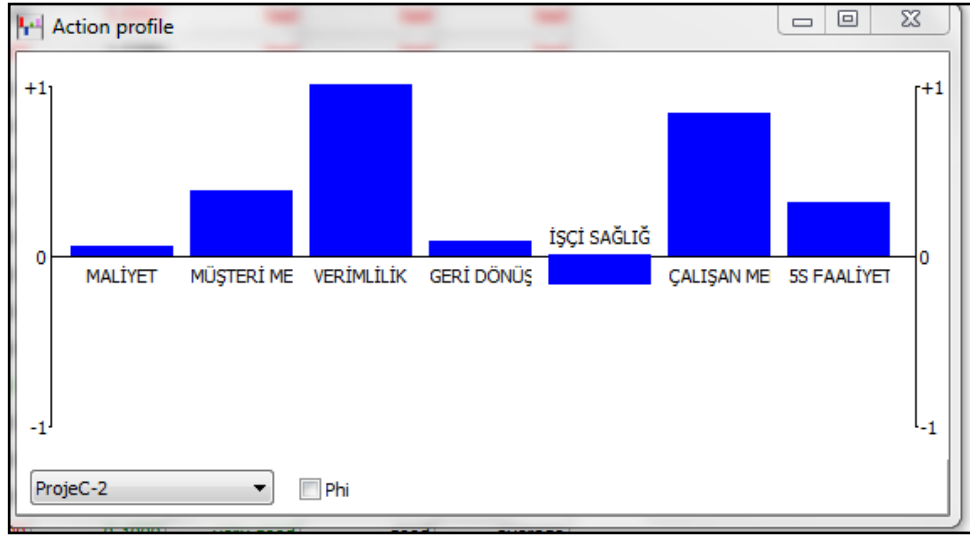
Bazı seçeneklerin hem pozitif hem de negatif üstünlük değerlerinin çok kötü olduğu görülmüştür. Bu seçenekler çıkarılarak hesaplama yapılırsa daha da anlamlı sıralamalar elde edilebilir.

PROMETHEE Flow Table				
	action	Phi	Phi+	Phi-
1	ProjeC-2	0,3385	0,4122	0,0737
2	ProjeB-1	0,3283	0,4431	0,1147
3	ProjeB-2	0,2536	0,3592	0,1056
4	ProjeB-3	0,2336	0,3482	0,1146
5	ProjeC-1	0,2208	0,3481	0,1273
6	ProjeC-4	0,2156	0,3418	0,1262
7	ProjeA-5	0,1708	0,3282	0,1575
8	ProjeB-7	0,1244	0,3209	0,1965
9	ProjeC-3	0,1123	0,2746	0,1623
10	ProjeB-4	0,1110	0,2751	0,1640
11	ProjeF-2	0,1067	0,2915	0,1848
12	ProjeE-1	0,1008	0,2773	0,1765
13	ProjeB-5	0,0980	0,2600	0,1619
14	ProjeA-6	0,0355	0,2904	0,2549
15	ProjeA-4	0,0250	0,2261	0,2012
16	ProjeE-2	0,0165	0,2416	0,2251
17	ProjeD-1	-0,0034	0,2271	0,2304
18	ProjeF-1	-0,0582	0,2810	0,3392
19	ProjeE-3	-0,0651	0,1696	0,2347
20	ProjeA-11	-0,0927	0,1603	0,2530
21	ProjeF-3	-0,1046	0,1396	0,2442
22	ProjeA-8	-0,1103	0,1558	0,2661
23	ProjeA-7	-0,1214	0,1241	0,2456
24	ProjeA-2	-0,1339	0,1281	0,2620
25	ProjeC-5	-0,1440	0,1966	0,3405
26	ProjeA-3	-0,1963	0,0950	0,2913
27	ProjeA-1	-0,2057	0,2463	0,4520
28	ProjeA-9	-0,3143	0,0471	0,3615
29	ProjeA-12	-0,4232	0,1037	0,5269
30	ProjeA-10	-0,5184	0,0996	0,6180

Şekil 7.10. Seçeneklere ait pozitif ve negatif üstünlük değerleri

7.2.8. Birinci olan seçeneği öne çıkaran faktörler

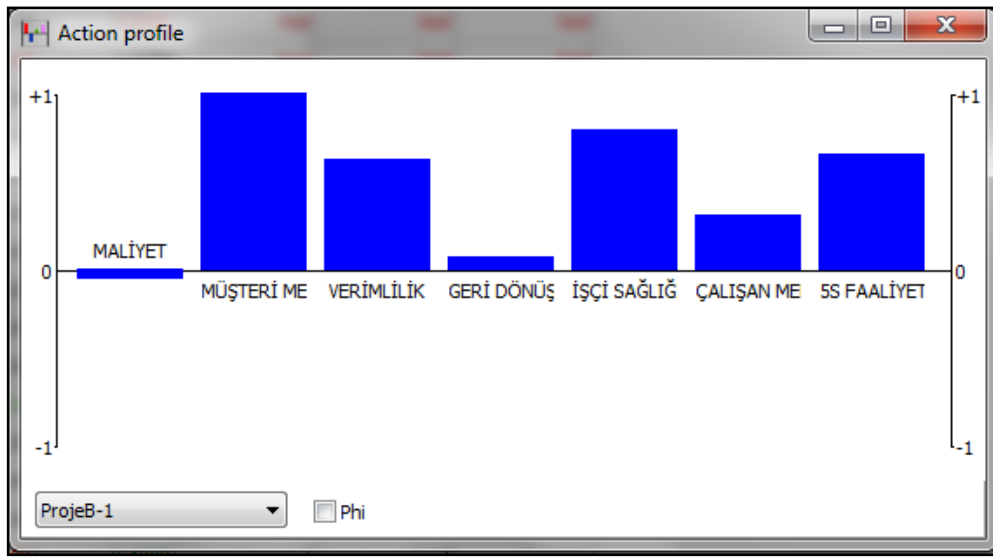
“ProjeC-2” yi öne çıkaran kriterler Şekil 7.11 da görülmektedir. Bu kriterler; “Müşteri Memnuniyeti”, “Verimlilik”, “Çalışan Memnuniyeti” ve “5S faaliyetlerine katkı” olarak sıralanabilir. “Maliyet” faktörünün “ProjeC-2” projesinin birinci olmasında ciddi bir katkısı olmadığı görülmektedir. Halbuki “Maliyet” kriteri %34 gibi önemli bir ağırlığa sahipti. Bunun ana nedeni ise tercih fonksiyonların amaca uygun kriteri bir adım öne çıkarabilme kabiliyetidir.



Şekil 7.11. Birinci olan projeyi öne çıkaran kriterler

Şekil 7.11 de görüldüğü üzere 7 kriter arasından 6 kriter “ProjeC-2” ye pozitif yönde katkı sağlarken, “işçi sağlığı” kriteri negatif yönden etki etmiştir. Pozitif yönde katkı sağlayan ana kriterler ise “verimlilik”, “çalışan memnuniyeti”, “5S faaliyetlerine katkı” ve “müşteri memnuniyeti” kriterleridir. “Maliyet” ve “geri dönüşüm zamanı” kriterleri ise düşük oranlarda katkı sağlamışlardır. Genel olarak “ProjeC-2” seçeneğinin “işçi sağlığına katkı” kriteri hariç tüm kriterlerden pozitif yönlü katkı aldığı söylenebilir. İkinci olan seçenek incelendiğinde onunda “Maliyet” kriteri haricinde diğer kriterlerden pozitif katkı aldığı görülmüştür. Ama kriterlerin ağırlıkları ve tercih fonksiyonlarından bu kriter için gelen değerler sıralamanın oluşmasında önemli bir rol almıştır. PROMETHEE yöntemini farklı kılan özellikte buradan gelmektedir.

Şekil 7.12. de ikinci olan projeyi öne çıkaran kriterler görülmektedir. Dikkatle incelendiğinde yedi kriterin altısının pozitif yönde katkı yaptığı görülmektedir. Yani pozitif üstünlük yönünde katkı vermektedir. Ancak “Maliyet” kriteri negatif yönde etki etmiştir.”Maliyet” kriterinin ağırlığı çok büyük olduğundan bu seçeneği negatif üstünlük yönünden birinci olan seçenektan iyi olmasına rağmen pozitif üstünlük yönünden istenen katkıyı yapamamış ve seçeneğiniz ikinci olarak sıralamada yerini almıştır.



Şekil 7.12. İkinci olan projeyi öne çıkaran kriterler

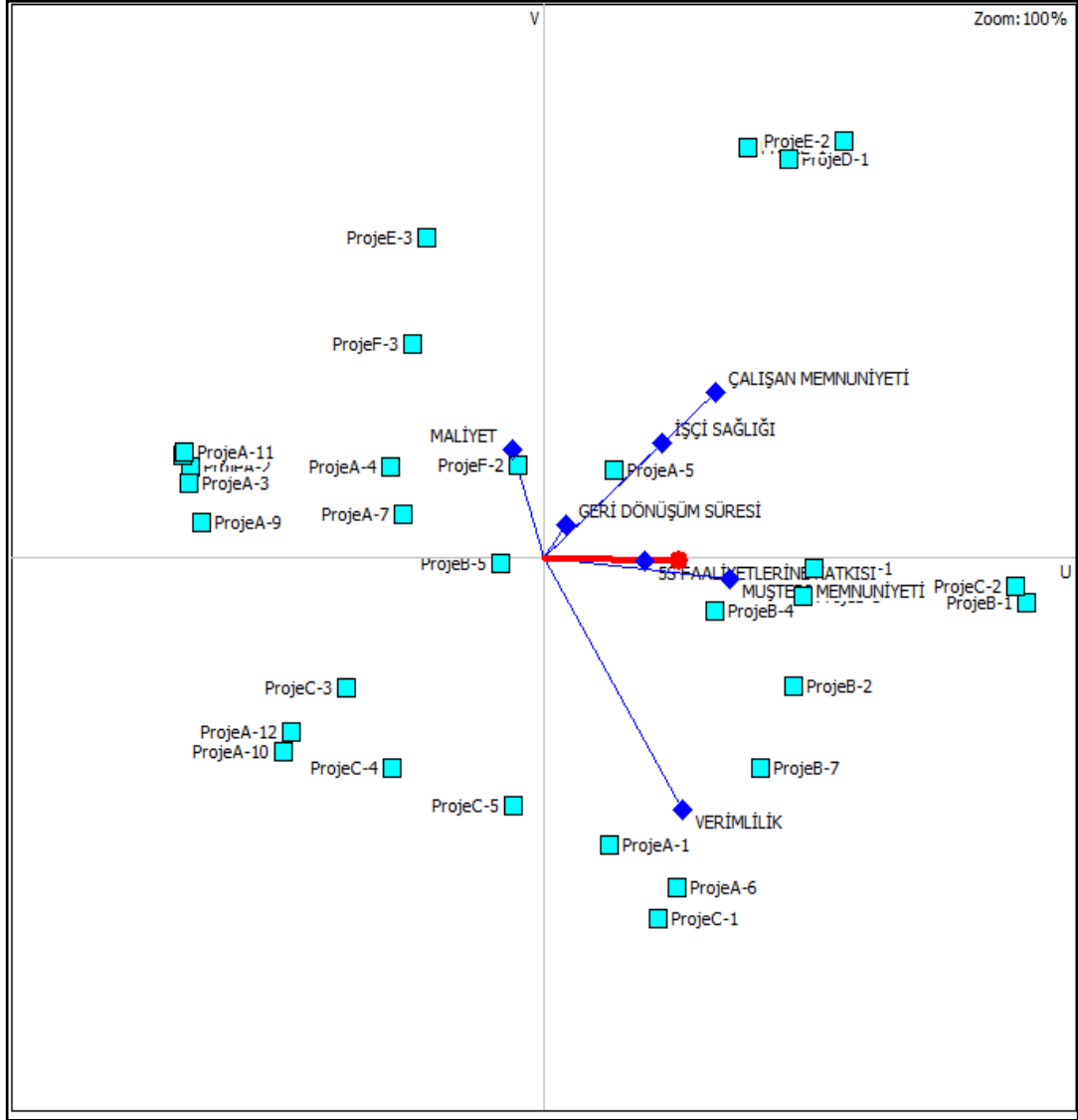
Şekil 7.12 de görüldüğü üzere 7 kriter arasından 6 kriter “ProjeB-1” seçeneğine pozitif yönde katkı sağlarken, “Maliyet” kriteri negatif yönden etki etmiştir. Pozitif yönde katkı sağlayan ana kriterler ise “verimlilik”, “müşteri memnuniyeti”, “SS faaliyetlerine katkı” ve “müşteri memnuniyeti” kriterleridir. “Çalışan memnuniyeti” ve “geri dönüşüm zamanı” kriterleri ise düşük oranlarda katkı sağlamışlardır. Genel olarak “ProjeB-1” seçeneğinin “Maliyet” kriteri hariç tüm kriterlerden pozitif yönlü katkı aldığı görülmektedir. Bir seçeneği öne çıkaran kriterin ağırlığının yüksek olması ve tercih fonksiyonundan iyi bir değer dönmesi gerekmektedir. “ProjeB-1” görünürde “ProjeC-e” seçeneğinden daha iyi görünse bile yukarıda değinilen nedenlerden ikinci olmuştur.

7.2.9. GAIA düzlemi analizi

Kriterlerin seçeneklerin değerlerine göre dağılımı gösteren geometrik düzlem Şekil 7.13' de görülmektedir. Kriterlerin sıralamada önde olan seçenekler tarafına dağılım gösterdiği rahatlıkla görülmektedir. Kısmi ve tam sıralamaların elde edilmesinden sonra sonuç değerleri, alternatiflerin kareler, kriterlerin ise vektörler ile temsil edildiği GAIA düzleminde geometrik olarak gösterilebilmektedir. Bu gösterimde çelişen kriterler rahatlıkla görülebilmektedir. Veriler üzerinde benzer tercihler gösteren kriterleri temsil eden vektörler aynı doğrultudayken, çelişen kriterlere ait vektörler farklı yönleri göstermektedir. Ayrıca bir kritere ait olan vektörün uzunluğu, o kriterin alternatif projeler üzerindeki etkisini göstermektedir. Elde edilen GAIA düzlemi ayrıca kalite (Quality) değerini de göstermektedir. Bu "kalite" değeri hesaplanan değerlerin doğruluğunu gösterir. Bu değer %100'e yaklaştıkça yapılan analizin doğruluk payı artar ve %75'in üzerindeki "kalite" değerleri için yapılan hesaplamaların kalitesinin yüksek olduğu söylenebilir. Ayrıca %60'ın altında bulunan kalite değerleri için problemin analizi ve hesaplamaları yeniden incelenmeli ve gerekirse yeniden daha dikkatli yapılmalıdır [28]. Bu uygulamada kalite değeri "Visual PROMETHEE" uygulaması tarafından (Quality) %76,6. olarak hesaplanmıştır; bu da toplam bilginin % 24.4'lük bir bölümünün kaybedilmiş olduğunu göstermektedir. Bu bilgi kaybı, hesaplamalar esnasında dilsel ifadeler içeren değerlendirmelerde kesin verilerin kullanılması gibi, metodun etkin kullanımını engelleyen nedenlere bağlı olabilmektedir. Ayrıca bazı seçeneklerin bazı kriterlerle dolaylı ilişkisi olmadığından bu sonuç ortaya çıkmıştır.

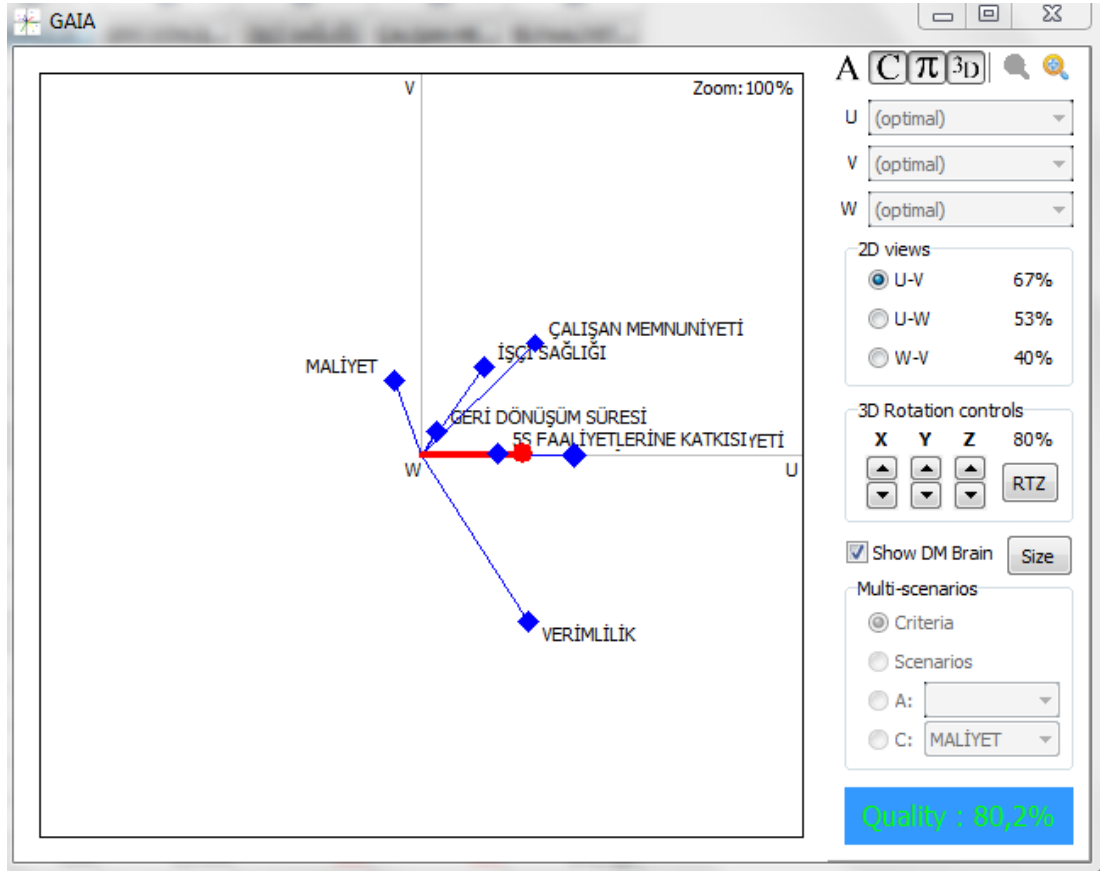
Şekil 7.13' de çelişen kriterler açıkça ve kolaylıkla gözlenebilmektedir. "maliyet" ile "Verimlilik" kriterlerine ait vektörler zıt yönleri göstermektedir yani çelişmektedirler. Elde edilen geometrik gösterim ile, hangi alternatiflerin hangi kriterler temelinde daha iyi olduğu da gözlemlenebilmektedir. "ProjeF-2" seçeneği "maliyet" kriteri için en iyi değere sahipken "ProjeB-7" seçeneği "verimlilik" kriterleri temelinde daha iyi, "ProjeB-1" seçeneği ise "5S faaliyetlerine katkısı" ve "Müşteri memnuniyeti" kriterleri için daha iyidir. Pi vektörü (karar eksenini) karar vericiye en iyi alternatifini seçmesinde yardımcı olmak amacıyla kullanılmakta olup, karar vericiye pi ekseninin gösterdiği yöndeki seçenekleri seçmesi önerilmektedir

[30]. Şekil 7.13’de de görüldüğü gibi karar eksenini pi vektörü tam olarak “ProjeB-1” ve “ProjeC-2” yönündedir ve bu PROMETHEE II’nin tam sıralama sonuçları ile uyumludur. Tam olarak aynı yönde olmaması bazı bilgi kayıplarının yaşanmasından kaynaklanmıştır.



Şekil 7.13. Kriterler ve seçeneklerin değerlerin geometrik düzlemde dağılımı

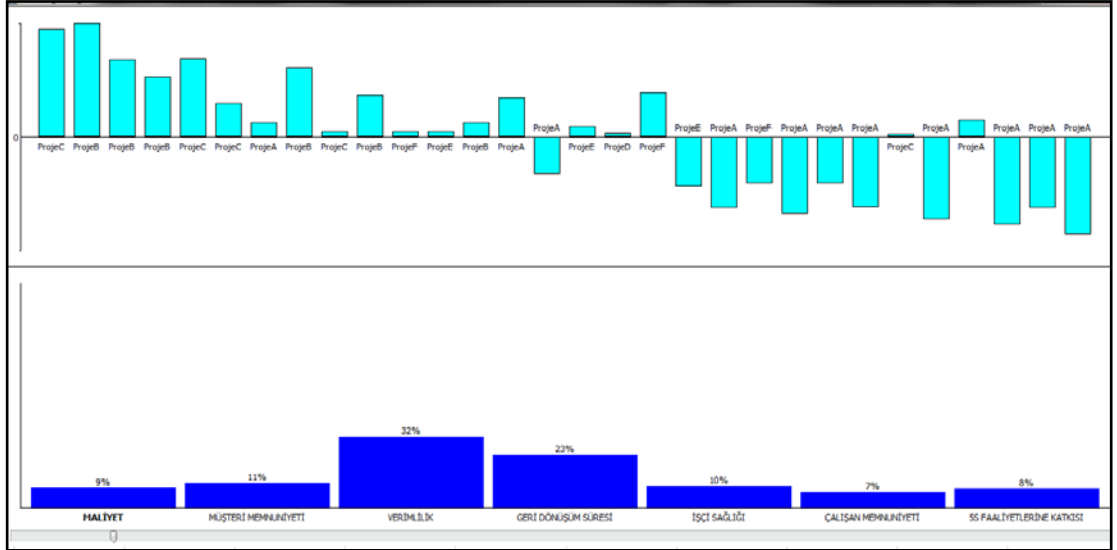
Alternatifler çıkartılarak kriterlerin GAIA düzlemindeki dağılımı daha net görülebilir. Yukarıda da değinildiği üzere “Visual PROMETHEE” uygulaması tarafından (Quality) %76.6 olarak hesaplanmıştır; bu da toplam bilginin % 24.4'lük bir bölümünün kaybedilmiş olduğunu göstermektedir. Bu bilgi kaybı, hesaplamalar esnasında dilsel ifadeler içeren değerlendirmelerde kesin verilerin kullanılması gibi, metodun etkin kullanımını engelleyen nedenlere bağlı olabilmektedir. Ayrıca bazı seçeneklerin bazı kriterlerle dolaylı ilişkisi olmadığından bu sonuç ortaya çıkmıştır. Bunlara ek olarak sıralamada çok gerilerde olan bazı alternatiflerin veya zıt eksenlerde yer alan kriterlerde çok iyi değerlere sahip olan bazı alternatiflerin de bu kalite oranının düşürdüğü görülmektedir. Eğer sıralamada çok geride olan bir yada birkaç alternatiflerin ya da zıt kutuplarda (U-V düzleminde zıt olarak yerleşen) yer alan alternatiflerin elenmesi durumunda kalite oranı daha da yükseltilebilmektedir. Örneğin Şekil 7.14 de görüldüğü üzere bu oran %80.2 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.14. Kriterlerin geometrik düzlemde dağılımı ve kalite değeri

7.2.10. Parametrik analiz

Parametrik analizde ağırlıklar üzerinde oynama yapıldığında sıralamanın ilk üç sırada yer alan seçenekler arasında değiştiği görülmüştür. Örneğin “maliyet” kriterinin ağırlığı düşürüldüğünde ikinci sırada yer alan “Proje B-1” seçeneği birinci sıraya çıkmaktadır. Bu da gayet doğaldır. Çünkü “maliyet” kriterinin ağırlığı çok fazla olduğundan bu konuda “Proje C-2” den kötü olan “Proje B-1” bu kriterin ağırlığı düşürüldüğünde birinci olmaktadır. Şekil 7.15. de bu net şekilde görülmektedir “maliyet” kriterinin değeri arttırıldığında ise sıralamada geride olan birkaç kriter yukarıya yerini almaktadır.

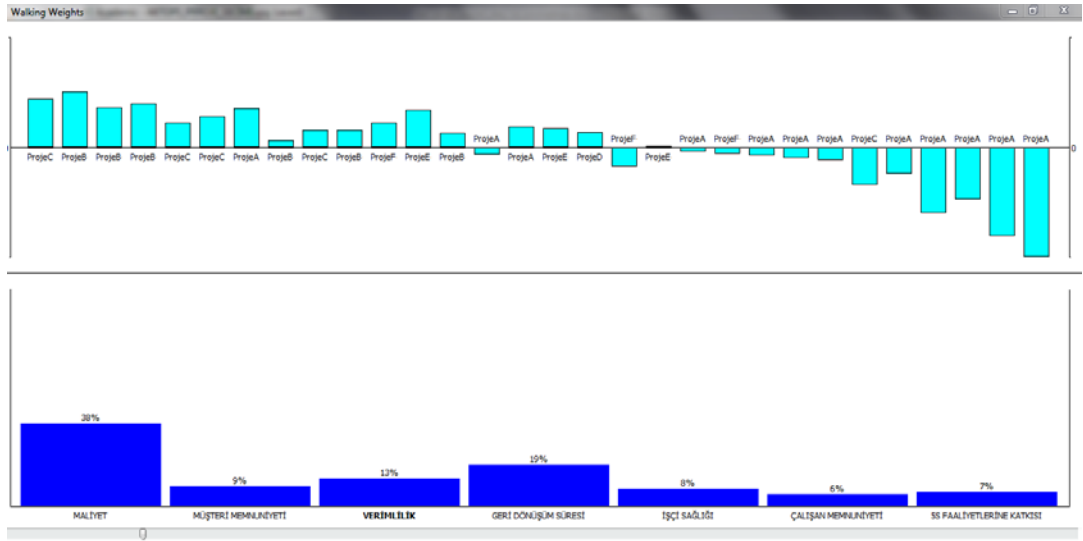


Şekil 7.15. Parametrik analiz (Maliyet kriterinin değeri değiştirildi)

Değeri değiştirilen kriterin sıralamayı hatırı sayılır derecede değiştirebilmesi için tercih fonksiyonundan gelen değerlerin de değişmesi sağlanabilir. Sadece ağırlık değeri değiştirildiğinde ağırlığı o kriter için iyi olan kriter ancak sıralamada yukarı çıkabilmektedir. Bu sıralamanın genelde ilk sıralamada ilk beş içerisinde olan kriterler arasında gidip gelmesini sağlar.

Bu analiz sayesinde kriterlerin yeniden düzenlenmesi ya da ağırlıkların yeniden gözden geçirilmesi de düşünülebilir.

“verimlilik” kriterinin ağırlığı düşürüldüğünde ikince sırada yer alan “Proje B-1” seçeneği yine birinci sıraya çıkmaktadır. Bu da gayet normaldir. Çünkü “verimlilik” kriterinin ağırlığı ikinci yüksek kriter olduğundan bu konuda “Proje C-2” den kötü olan “Proje B-1” bu kriterin ağırlığı düşürüldüğünde birinci sıraya taşımaktadır. Aynı şekilde “verimlilik” kriterinin değeri düşürüldüğünde “Proje B-1” birinci sırada yerini almaktadır. Şekil 7.16. de bu net şekilde görülmektedir.



Şekil 7.16. Parametrik Analiz (Verimlilik kriterinin değeri değiştirildi)

Aynı şekilde başka kriterlerin ağırlıkları değiştiğinde sıralama genellikle ilk beş seçenek arasında değişmektedir. Nadiren başka seçenekler öne çıkmakta ve ilk beşte olan seçenekler geriye düşmektedir. Çünkü GAIA düzleminde açıkça görüldüğü üzere bu seçeneklerin kriter bazındaki en iyi değerleri diğer alternatiflere oarınla daha fazla.

Tercih fonksiyonların değer aralığı da değiştiğinde yine sıralamada farklılıklar oluşmaktadır. İlk sıralamada geride olan bazı seçenekler öne sıralamada yukarı çıkmaktadır. Örneğin “maliyet” kriteri için belirlenen maliyetin 400000 dolardan küçük olma koşulu önce 200000 ardından da 600000 dolar olarak değiştirildi. Maliyet koşulu 200000 yapıldığında ilk 10’da yer alan seçeneklerin sıralaması değişmedi. Ama maliyet kriterinin koşulu 600000 olarak değiştirildiğinde sıralamada Şekil 7.17’deki gibi değişti. “ProjeB-1” seçeneği birinci sırada yer aldı. Ayrıca 5. sıradaki alternatif (ProjeB-3) 4.sıraya yükseldi. Tercih fonksiyonları için seçilen eşik

değerlerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Tercih fonksiyonları PROMETHEE yönteminin temel güçlü özelliklerindedir ve sıralamayı değiştirebilme gücü çok yüksektir. Ayrıca bu eşik değerlerinin değiştirilmesi “Quality” değerini değiştirmektedir. Koşul değeri 200000 olarak değiştirildiğinde “Quality” değeri düşmüş ve %65,6 olmuştur. Koşul değeri 600000 olarak değiştirildiğinde “Quality” değeri artmış ve %79,3 olmuştur. Koşul değeri 600000 olarak değiştirildiğinde yüksek maliyetlere sahip seçeneklerde bu kriter için tercih fonksiyonundan 1 değeri dönmüş ve pozitif üstünlük değerlerinin hesaplanmasında katkısı pozitif yönde olmuş ve bazı seçeneklerin direk elenmesi önlenmiştir. Ters durumda ise birçok seçeneğin maliyeti yüksek olduğundan (ortalama maliyet 283763,33) hesaplamaya tercih fonksiyonundan pozitif katkı olarak gelen seçenek sayısı azalmıştır. Seçeneklerin tüm veriyi temsil kabiliyeti azalmıştır.

	action	Phi	Phi+	I
1	ProjeB-1	0,3360	0,4276	0,0
2	ProjeC-2	0,3357	0,3928	0,0
3	ProjeB-2	0,2481	0,3388	0,0
4	ProjeC-1	0,2285	0,3327	0,1
5	ProjeB-3	0,2166	0,3229	0,1
6	ProjeC-4	0,1783	0,3037	0,1
7	ProjeB-7	0,1584	0,3098	0,1
8	ProjeA-5	0,1301	0,2874	0,1
9	ProjeB-4	0,1187	0,2597	0,1
10	ProjeB-5	0,0811	0,2347	0,1
11	ProjeC-3	0,0808	0,2409	0,1
12	ProjeF-2	0,0772	0,2591	0,1
13	ProjeE-1	0,0732	0,2462	0,1
14	ProjeA-6	0,0696	0,2794	0,2
15	ProjeE-2	0,0242	0,2262	0,2
16	ProjeF-1	0,0095	0,2776	0,2
17	ProjeD-1	0,0043	0,2116	0,2
18	ProjeA-4	-0,0190	0,1821	0,2
19	ProjeC-5	-0,0830	0,1904	0,2
20	ProjeE-3	-0,0927	0,1385	0,2
21	ProjeF-3	-0,1160	0,1168	0,2
22	ProjeA-7	-0,1269	0,1037	0,2
23	ProjeA-11	-0,1317	0,1209	0,2
24	ProjeA-8	-0,1493	0,1164	0,2
25	ProjeA-2	-0,1599	0,0979	0,2
26	ProjeA-1	-0,1731	0,2463	0,4
27	ProjeA-3	-0,2132	0,0698	0,2
28	ProjeA-9	-0,2934	0,0342	0,3
29	ProjeA-12	-0,3564	0,1014	0,4
30	ProjeA-10	-0,4558	0,0001	0,5

Şekil 7.17. Tercih fonksiyonu koşulunun değiştirilmesi sonucu oluşan yeni sıralama

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Karar alma süreci insanların hayatının her anında karşılaştığı bir problemdir. Gündelik hayatta alınan kişisel kararlardan tutunda bir şirketin gelecekte yapacağı yatırımlar gibi şirketin ve çalışanlarının tamamını ilgilendiren kritik kararlar almak durumunda kalınabilir. Yani karar problemleri farkında olunsun ya da olmasın hayatın her anında karşılaşılan ve önemli bir problemdir. Alınan bir kararın öneminin büyüklüğü sonuçlarının etkisi bakımından daha da önemli hale gelmektedir. Karar verme süreci daha iyiye ulaşmak için sürekli yapması gereken bir iştir.

Çok hızlı bir şekilde değişen ve gelişen iş ve yaşam koşulları insanları, kurum ya da işletmeleri, özellikle de bunların karar vericilerini yani yönetici ya da yöneticilerini devamlı olarak "en iyi ve doğru" kararı vermeye zorlamaktadır. Özellikle de yöneticilerin; bu rekabetçi ortamda şirketlerini ya da kurumlarını ayakta tutabilmek, rekabet avantajı kazanmak ve bunu sürdürebilir yapmak için sağlıklı ve doğru kararlar alabilmeleri hayati bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu tür kararlar aynı zamanda geniş kitleleri de ilgilendirdiğinden doğru kararı almak çok daha büyük bir önem taşır.

"Proje seçimi" problemi, günümüzün rekabetçi ortamında şirketlerin ayakta kalmaları ve rekabetçi olabilmeleri için çok önemli bir konudur. Şirket yöneticileri; şirket amaçlarına uygun olan ve gerekli kriterleri en iyi şekilde sağlayan projeyi seçip hayata geçirmekle mükelleftirler. Bunu yapmak hiç de kolay değildir. Çünkü çoğu zaman birden fazla alternatif mevcuttur. Bu birden fazla alternatif arasından en uygun olanın seçilmesi veya bunların önceliklendirilmesi sürecinde mutlaka bilimsel yöntemlerden yararlanılmalıdır. Birden fazla alternatif söz konusu olduğu gibi bir çok da kriter mevcuttur. Karar alıcı mutlaka bu kriterleri göz önüne alarak bir sonuca gitmek durumundadır. Bu tür problemlerin çözümüne yardımcı olacak bir çok karar verme metodu vardır. Bunlar uzun yıllardır kullanılan metotlardır. Zamanla bu yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada bu bilimsel yöntemlerden ikisi olan AHS ve

PROMETHEE yöntemleri beraber kullanılmış ve çalışmaya konu olan tekstil firmasına “Proje Seçimi” ve “Proje Sıralaması” konularında yardımcı olunmaya çalışılmıştır. Literatür araştırmasında bu iki yöntemin ayrı ayrı ya da beraber kullanılarak birçok alandaki problem için çözüm amaçlı kullanıldığı görülmektedir. Ancak “Proje Seçimi” problemi için bu iki yöntemin entegre kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu özelliğiyle bu çalışma farklı bir anlam taşımaktadır.

Çalışmaya konu olan tekstil firmasının her yıl yaklaşık 30-40 proje arsından kendisi için en önemli olan ya da olanları seçip bu proje ya da projeleri bütçesi dahilinde hayata geçirmesi gerekmektedir. Bunu yaparken yaklaşık iki milyon dolarlık bir bütçeyi de en iyi şekilde kullanmayı hedeflemektedir. Bu kadar önemli bir mevlanın kullanıldığı ve bu kadar çok alternatifin olduğu bir durumda karar problemi çözmek için mutlak bilimsel yöntemlere başvurulması gerekmektedir. Bu çalışmada çalışmaya konu olan tekstil firmasına her yıl karşılaştıkları bu problem için bilimsel bir alt yapı kurulmuştur. Ayrıca problemin sonuçlarını değişik şekillerde analiz imkanı sağlanmıştır ve sonuçların parametrik analizi yapılarak firma yetkilileri ile paylaşılmıştır.

Daha öncede belirtildiği gibi bu çalışmada AHS ve PROMETHEE yöntemleri entegre şekilde kullanılmıştır. Bu çalışmada mümkün olduğunca her iki yöntemin (AHS ve PROMETHEE) üstün yönlerinden en iyi şekilde yararlanılmaya çalışılmıştır. Bu şekilde en iyi sonuca erişilme hedeflenmiştir.

Yukarıda detaylı anlatıldığı gibi AHS ve PROMETHEE yöntemlerinin beraber kullanıldığı hibrit bir model kurulmuştur. Bu modele dayanarak problemin tanımı ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi AHS ile yapılmıştır. Nihai sıralama için ise PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Hibrit bir yapı kullanmanın temel nedeni yukarıda da değinildiği üzere her iki yöntemin üstün yönlerinden en iyi şekilde faydalanmak ve zaaflarından dolayı oluşan hataları minimize etmektir. Örneğin problem yapısı ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi için PROMETHEE yöntemi henüz bir bilimsel öneri getirmemiştir. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi işlemi tamamen uzmanların kişisel yorumuna bırakılmıştır. AHS yönteminde de uzmanların görüşlerine dayanarak ikili kıyaslamalar sonucu kriterler bulunmaktadır. Ancak

bunun tutarlı olup olmadığı denetlenebilmektedir ve kriterlerin ikili kıyaslamaları kullanılan ölçek sayesinde çok net ifade edilip görülebilmektedir. PROMETHEE yönteminde her bir kriter bazında tercih fonksiyonu tanımlanmasına izin verildiğinden kriterlere uygun olan alternatiflerin biraz daha öne çıkması sağlanabilmektedir. Ayrıca PROMETHEE yöntemi “ödününden” kaçındığı için alternatiflerin sıralaması daha da anlamlı olmuştur. PROMETEE I ile ödünüm sorunu olmadan seçeneklerin birbirine olan üstünlükleri ve zayıflıkları görülebilişi yapılmıştır. PROMETHEE yönteminin sonuçları analiz araçları sayesinde öne çıkan alternatiflerin güçlü yanları, bunları öne çıkaran ana kriterler, tercih fonksiyonlarının sonucu nasıl etkilediği çok rahatlıkla analiz edilmiştir. Kriterler arasında çelişki olup olmadığı GAIA düzlemindeki veriler kullanılarak uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Yine bu sonuçlar değişik yönlerden (kriterlerin ağırlıkları değiştirilerek, tercih fonksiyonlarının koşulları değiştirilerek) incelenerek çok iyi bir parametrik analiz yapılmıştır. Örneğin bu çalışmada birinci sırada yerini alan “PROJE C-2” öne çıkaran temel kriterler; “Müşteri Memnuniyeti”, “Verimlilik”, “Çalışan Memnuniyeti” ve “5S faaliyetlerine katkı” olarak sıralanabilir. “Maliyet” kriteri %34 gibi önemli bir ağırlığa sahip olmasına rağmen yukarıda belirtildiği üzere “PROJE C-2” projesinin birinci olmasında ciddi bir katkısı olmadığı görülmektedir.. Bunun ana nedeni ise tercih fonksiyonların amaca uygun kriteri bir adım öne çıkarabilme kabiliyetidir. Tercih fonksiyonları PROMETHEE metodunun güçlü kılan özelliklerindedir.

Bu çalışmada kullanılan AHS ve PROMETHEE metotları aracılığıyla bir çok alternatif (seçenek) arasından daha anlamlı, firma çıkar ve hedeflerine daha uygun olan alternatifi belirlenmiştir. Aynı zamanda en iyi sıralama da elde edilmiştir. Bu sayede firma bütçesinin en verimli şekilde kullanılarak şirket amaçlarına en iyi şekilde hizmet eden ve gerekli kısıtları en iyi şekilde sağlayan proje seçilmiştir. Karar vericilerin bazı kesin olmayan yargılardan oluşan kriterleri var olan kriter kümesine dahil etmediği görülmüştür. İlerleyen çalışmalarda, bunların da modele dahil edilebilmesi için ve bu sayede kriterlerin daha doğru biçimde değerlendirilmesi amacıyla AHS tekniğinin yanında bulanık küme teorisinin kullanılması düşünülebilir. Bulanık sayılarında kullanıldığı bütünleşik bir yaklaşımla, kriterlere ve

alternatiflere ilişkin yarguların daha iyi değerlendirilebildiği çözümler elde edilebileceği düşünölmektedir. Sunulan model bir “proje seçimi” problemi için uygulanmıştır. Ama bu model, farklı veri setleri ile çalışabilecek yeteneğe sahip olup başka sektörler ve değişik ÇKKV problemleri için de uygulanabilecek yapıdadır.

KAYNAKLAR

- [1] Brans J. P., Vincke P. H., Mareschall B., How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method, *European Journal of Operational Research*, 1986, **14**, 228-238.
- [2] Brans J. P., Vincke P. H., A preference ranking organization method: The PROMETHEE method, *Management Science*, 1982, **31**, 647-656.
- [3] Brans J. P., Mareschal B., Vincke P. H., PROMETHEE: A New Family of Outranking Methods in MCDM, *IFORS*, 1982, **84**, 477-490.
- [4] Brans J. P., *Elaboration de instruments da idea la decision Methode PROMETHEE*, 1.st ed., Presses de Universite Laval, Canada, 1982.
- [5] Macharis C., Springael J., PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP, *European Journal of Operational Research*, 1989, **15**, 220-238.
- [6] Barzilai J., Cook W. D., Golany B., Consistent weights for judgments matrices of the relative importance of alternatives, *Operations Research Letters*, 1987, **6**, 131-134.
- [7] Brans J. P., *PROMETHEE Method*, 1.st ed., Elsevier, USA, 2005.
- [8] Saaty T. L., *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*, RWS Publications, Pittsburgh, USA, 2000.
- [9] Majid B., Kazemzadeh A., Aghdasi M., PROMETHEE A comprehensive literature review on methodologies and applications, *European Journal of Operational Research*, 2010, **200**, 198-215.
- [10] Dağdeviren M., Dönmez N., Kurt M., Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2010, **25**, 811-826.
- [11] Kaya Y., Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden TOPSIS ve Electre yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul, 2004, 1938449.

- [12] Kücü H., Promethee sıralama yöntemi ile personel seçimi ve bir işletmede uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007,6783466.
- [13] Göze E. A., Analitik ağ süreci ile sürdürülebilir bir üçüncü parti lojistik servis sağlayıcısı seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 7283421.
- [14] Lai Y. J., TOPSIS for MODM, *European Journal of Operational Research*, 1994,**76**, 486–500.
- [15] Saaty T. L., *Decision Making with Dependence and Feedback The Analytic Network Process*, 2ed Ed, RWS Publications, USA, 2001.
- [16] Saaty T. L., *Theory and Applications of the Analytic Network Process*, 1st ed., RWS Publications, USA, 2005.
- [17] Behzadian M., Kazemzadeh A., Albadvi A., Aghdasi M., PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications, *European Journal of Operational Research* , 2010, **200**, 198–215.
- [18] http://www.pacificinvasivesinitiative.org/rk/project/1_Project_Selection.html (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2013).
- [19] Aladağ Z., *Karar Teorisi* , Umuttepe Yayınları, Birinci Baskı, Kocaeli, 2011.
- [20] Tam M., Tummala V., An Application of The AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System, *The International Journal of Management Science*, 2001,**29-2**, 171-182.
- [21] Saaty T. L., Some Mathematical concepts of the Analytic Hierarchy Process, *Behviormetrica*, 1991, **29**, 1-9.
- [22] Golden B. L., Wang Q., An Alternate Measure of Consistency, *College of Business and Management Publciaton*, 1989,**5**, 20-24.
- [23] Frances F. X., Harker P. T., Measuring Aggregate Process Performance Using AHP, *European Journal of Operational Research*, 1999, **116**, 436-442.
- [24] Escobar M. T., Jimenez J. M., Reciprocal Distributions in the AHP, *European Journal of Operational Research*, 2000, **123**, 154-174.
- [25] Bevilacqua M., Braglia M., The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection, *Reliability Engineering and System Safety*, 2000, **70**, 71-83.
- [26] Badri M. A., A Combined AHP and GP model for Quality Control System, *International Journal of Production Economics*, 2001, **72**, 27-40.

- [27] Chan F., Lau H., Integration of expert systems with AHP for the design of material handling equipment selection system, *Journal of Materials Processing Technology*, 2001, **116**, 137-145.
- [28] Brans J. P., Mareschal B., *How to decide with PROMETHEE*, Visual Decision Inc Maual, Montreal, 1998.
- [29] Dağdeviren M., Yılmaz B., Analytical Hierarchy Process and Use of 0-1 Goal Programming Methods in Selecting Supplier Firm, *Gazi Üniversitesi Dergisi*, 2010, **25**, 811-826.
- [30] Wang J., Yang D., Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing, *Computers & Operation Research*, 2005, **34**, 3691-3700.
- [31] Ertuğrul İ., Karakaşoğlu N., Banka Şube performanslarının VIKOR Yöntemiyle Değerlendirilmesi, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 2008, **20**, 19-28.
- [32] Kaya A., Pınar A., Kuru E., Çok Kriterli Karar Verme İle Avrupa Birliği ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonomi ve İstatistik Dergisi*, 2011, **13**, 80-94.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Malatya'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimi Malatya'da tamamladıktan sonara lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2000 yılında girdiği Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümü ilk yılını İngilizce hazırlık okuyarak 2005 yılında tamamladı. 2010 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine kabul edildi.