T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

GEMİ İNŞA SÜRECİNDE ANA MAKİNE VE JENERATÖR SEÇİMİ: AHP, TOPSIS VE PROMETHEE UYGULAMASI

SÜMEYRA UZUN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI

GEBZE

2015

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

GEMİ İNŞA SÜRECİNDE ANA MAKİNE VE JENERATÖR SEÇİMİ: AHP, TOPSIS VE PROMETHEE UYGULAMASI

SÜMEYRA UZUN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Halim KAZAN

GEBZE

2015

YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …… tarih ve 2013/16 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ……. tarihinde tez savunma sınavı yapılan …….. tez çalışması İşletme Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) :

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

ONAY

G.Y.T.E. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ……/……/20… tarih ve ……/…… sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Karar verme karşılaşılan durumlar karşısında en uygun tepkinin verilmesidir. Fakat karşılaşılan problem belli bir amaç doğrultusunda belli ölçütlere göre birden fazla alternatif arasından olabilir. Böyle bir karar problemi karşısında çok ölçütlü karar verme yöntemlerine başvurmak en uygun çözüme ulaşmayı sağlamaktadır.

Çalışma 4 ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan giriş bölümünde konuya kısa bir giriş yapılmış çalışmanın nasıl şekilleneceği anlatılmıştır. İkinci bölümde karar verme ve AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Üçüncü bölümde literatür taraması yapılmıştır. Dördüncü bölümde ana makine, beşinci bölümde ise jeneratör kavramları anlatılmıştır. Altıncı bölümde ise çalışmanın asıl bölümünü oluşturan uygulama safhası ele alınmıştır.

Bu çalışmada NB 25 Wartsila balıkçı gemisi projesine uygun ana makine ve jeneratör seçimi problemi ele alınmıştır. Toplam 12 kriter belirlenmiş ve bu kriterlere göre 7 ana makine ve 7 jeneratör arasından projeye en uygun makineye karar verilmeye çalışılmıştır. Karar problemine AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle çözüm getirilmeye çalışılmış ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. AHP uygulaması sonucu ana makine sıralaması Wartsila, MAN, MAK, Daihatsu, ABC, RRM-Bergen, Niigata şeklinde, jeneratör sıralaması ise Perkins, Daihatsu, Guascor, Cummins, Mitsubishi, CAT, Yanmar şeklindedir. TOPSIS uygulaması sonucu ana makine sıralaması Daihatsu, Wartsila, MAN, MAK, RRM-Bergen, Niigata şeklinde, jeneratör sıralaması ise Yanmar, Cummins, CAT, Daihatsu, Mitsubishi, Perkins, Guascor şeklindedir. PROMETHEE uygulaması sonucu ana makine sıralaması Wartsila, MAN, MAK, ABC, Daihatsu, RRM-Bergen, Niigata şeklinde, jeneratör sıralaması ise Perkins, Daihatsu, Guascor, Mitsubishi, Cummins, Yanmar, CAT şeklindedir.

Yapılan uygulama sonucunda AHP ve PROMETHEE yöntemlerinin yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ana makine için AHP ve PROMETHEE sonuçları gerçek durumla tutarlılık göstermiştir. Jeneratör için ise TOPSIS sonucu tutarlıdır.

Anahtar kelimeler: Karar Verme, AHP, TOPSIS, PROMETHEE

SUMMARY

Decision making is giving the most appropriate response towards the encountered situations.But, the problem encountered can be among various alternatives in terms of a certain purpose according to certain criteria.Against a decision problem, referring to MCDM method in achieving the optimal solution provides convenience.

Study is composed of four main sections.The first, introduction section to the subject, a brief introduction was provided, how the study will be shaped was studied. In the second, decision-making and AHP, TOPSIS and PROMETHEE methods were discussed in detail. In the third, literature screening was done. In the fourth, the main engine, in the fifth, generator concepts were studied. In the sixth, the implementation phase which constitutes the main part of the study was discussed.

In this study, main engine and generator selection problem appropriate to the project of NB 25 Wartsila fishing vessel was addressed. In total,12 criteria were identified and according to these criteria, the most suitable machine among 7th host and generator was tried to be decided for the project. Decision making problem was tried to be solved by AHP, TOPSIS and PROMETHEE methods, and the results found were compared. As a result of AHP, the main engine ranking is in the form of Wartsila, MAN, MAK, DAIHATSU, ABC, RRM-Bergen, NIIGATA, while generator ranking is in the form of PERKINS, DAIHATSU, GUASCOR, CUMMINS, MITSUBISHI, CAT, YANMAR. As a result of TOPSIS, the main engine ranking is in the form of DAIHATSU, Wartsila, MAN, MAK, RRM-Bergen, NIIGATA, while generator ranking is in the form of YANMAR, CUMMINS, CAT, DAIHATSU, MITSUBISHI, PERKINS, GUASCOR. As a result of PROMETHEE, the main engine ranking is in the form of Wartsila, MAN, MAK, ABC, DAIHATSU, RRM-Bergen, NIIGATA, while generator ranking is in the form of PERKINS, DAIHATSU, GUASCOR, MITSUBISHI, CUMMINS, YANMAR, CAT.

The results of the application of AHP and PROMETHEE methods have been observed to give results that are closer to the machine. For the main machine, AHP and PROMETHEE results have actually shown consistency with the result chosen for the project. For the generator , TOPSIS result is consistent.

Keywords:Decision Making, AHP,TOPSIS, PROMETHEE

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimin başından beri yanımda olup desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Prof..Dr. Halim KAZAN'a, maddi manevi desteğiyle hep yanımda olan eşim Süleyman UZUN'a, beni yetiştiren ve bugünlere getiren canım anne ve babama teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET İV

SUMMARY V

TEŞEKKÜR Vİ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ Vİİ

KISALTMALAR DİZİNİ X

ŞEKİLLER DİZİNİ Xİ

TABLOLAR DİZİNİ Xİİ

1.GİRİŞ 1

2.KARAR VERME VE AHP, TOPSIS, PROMETHEE 2
2.1 Karar Süreci 2
2.2 Karar Bileşenleri 4
2.3 Karar Problemlerinin Sınıflandırılması 5
2.3.1 Belirlilik Halinde Karar Verme 5
2.3.2 Risk Halinde Karar Verme 5
2.3.3 Belirsizlik Halinde Karar Verme 5
2.3.4 Çok Amaçlı Karar Verme 6
2.3.5 Çok Kriterli Karar Verme 6
2.4 ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ 8
2.4.1 AHP'nin Aşamaları 9
2.4.2 Analitik Hiyerarşi Prosesinin Teoremleri 10
2.4.3 Analitik Hiyerarşi Prosesinin Aksiyomları 10
2.4.4 Analitik Hiyerarşi Prosesinde Hiyerarşi Kurulması 11
2.4.5 AHP'de İkili Karşılaştırmalar Matrisi 12
2.4.6 Analitik Hiyerarşi Prosesinde Özdeğer, Özvektör Ve Tutarlık Hesaplanması 15
2.5 TOPSIS 17
2.5.1 TOPSIS Yönteminin Uygulama Adımları 18
2.5.1.1 Karar Matrisinin Oluşturulması: 18
2.5.1.2 Karar Matrisinin Normalleştirilmesi: 19
2.5.1.3 Ağırlıklı Karar Matrisinin Oluşturulması: 19
2.5.1.4 Pozitif Ve Negatif İdeal Çözümlerin Oluşturulması: 19
2.5.1.5 Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması: 20
2.5.1.6 İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: 20
2.5.1.7 Önem Sıralamasının Yapılması: 20
2.5.2 TOPSIS'in Kullanım Alanları: 21
2.6 PROMETHEE 21

2.6.1 PROMETHEE Uygulama Adımları 23

3.LİTERATÜR TARAMASI 26

4.GEMİ ANA MAKİNELERİ 31
4.1 Dizel motorları 31
4.1.1 Dizel Motorların Tarihçesi 31
4.1.2 Dizel makinelerin sınıflandırılması 33
4.1.2.1 Yakılan Yakıt Türüne Göre Sınıflandırma 34
4.1.2.2 Çalışma İlkelerine Göre Sınıflandırma 34
4.1.2.3 Silindir Dizilişlerine Göre Sınıflandırma 34
4.1.2.4 Piston Motorlarına Göre Sınıflandırma 35
4.1.2.5 Güç Etkisine Göre Sınıflandırma 35
4.1.2.6 Yakıt Püskürtme Yöntemlerine Göre Sınıflandırma 35
4.1.2.7 Yanma Özelliğine Göre Sınıflandırma 35
4.1.2.8 Yanma Odası Şekline Göre Sınıflandırma 35
4.1.2.9 Yakıtı Tutuşturma Özelliğine Göre Sınıflandırma 36
4.1.2.10 İş Çevrimlerine Göre Sınıflandırma 36
4.1.2.11 Piston Ortalama Hızına Göre Sınıflandırma 36
4.1.2.12 Devir Sayısına Göre Sınıflandırma 36

5.DOĞRU AKIM JENERATÖRLER 37
5.1 Jeneratörlerin Çalışma İlkesi 37
5.2 Jeneratörlerin Sınıflandırılması 37
5.2.1 Seri jeneratör 37
5.2.2 Şönt Jeneratörler 38
5.2.3 Kampavunt Jeneratörler 38

6.UYGULAMA 40
6.1 Araştırmanın Ana Problemi 40
6.2 Araştırmanın sınırları ve kapsamı 40
6.3 Araştırma yöntemi 40
6.4 Araştırma Modelinin Belirlenmesi 41
6.5 ANA MAKİNE VE JENERATÖR SEÇİMİ 42
6.5.1 Ana Makine ve Jeneratör Seçimine Etki Eden Kriterler 42
6.5.1.1 Teknik Özellikler 42
6.5.1.2 Sözleşmeye bağlı kriterler 43
6.5.1.3 Marka güvenirliği 43
6.5.1.4 İşletme masrafları 43
6.5.1.5 Bakım Masrafları 44
6.6 Çalışmanın analizi 44
6.6.1 AHP Uygulaması 44
6.6.1.1 Ana Makine Seçimi 45
6.6.1.2 Jeneratör Seçimi 58
6.6.2 TOPSIS Uygulaması 67
6.6.2.1 Ana Makine Seçimi TOPSIS Uygulaması 67
6.6.2.2 Jeneratör Seçimi İçin TOPSIS Uygulaması 71
6.6.3 PROMETHEE uygulaması 76
6.6.3.1 Ana Makine PROMETHEE Uygulaması 76

6.6.3.2 Jeneratör PROMETHEE Uygulaması 81

7.SONUÇ VE ÖNERİLER 86

KAYNAKÇA 89

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar : **Açıklamalar**

AHP :Analitik Hiyerarşi Prosesi

TOPSIS :The Technique For Order Preference By Similarity To İdeal Solution

PROMETHEE: Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evalutions

ÇKKV :Çok Kriterli Karar Verme

CI :Tutarlık İndeksi

CR :Tutarlık Oranı

RI :Rasgele İndeksi

ELECTRE :Elimination Et Choix Traduisant la Realité

MESS :Madeni Eşya İşverenleri Sendikası

TIR :Transports Internationaux Routiers

GSM :Global System For Mobile

rpm :Dakikadaki Devir Sayısı

emf :Elektromotor Kuvvet

MCR :Maximum Continuous Rating

DNV :Det Norske Veritas

IMO TIER :Egzos Emisyon Derecesi

kW :Kilovat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil no: **Sayfa**

2.1 Genel Hiyerarşi Tablosu 12
2.2 Analitik Hiyerarşi Tablosu 12
2.3 Tercih Fonksiyonlarının Şematik Gösterimi 24
2.4 Pozitif ve Negatif Üstünlük Şematik Gösterimi 24
6.1 Visual PROMETHEE Ana Makine İçin Kısmi Sıralama 78
6.2 Visual PROMETHEE Ana Makine İçin Tam Sıralama 79
6.3 Ana makine GAIA düzlemi görseli 80
6.4 Visual PROMETHEE Jeneratör İçin Kısmi Sıralama 83
6.5 Visual PROMETHEE Jeneratör İçin Tam Sıralama 84
6.6 Jeneratör GAIA düzlemi görseli 85

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo : **Sayfa**

2.1 1-9 Puanlı Tercih Ölçeği 13
2.2 Rasgele Değer İndeksi 17
2.3 Tercih Fonksiyonları 22
2.4 Veri Matrisi 23
6.1 Ana Makine Seçimi Hiyerarşi Tablosu 46
6.2 Ana Makine Tablosu 47
6.3 Ana Kriter İkili Karşılaştırma Matrisi 48
6.4 Öncelikler Vektörü 49
6.5 Tüm Öncelikler Vektörü 49
6.6 Teknik Özellikler Alt Kriter İkili Karşılaştırma Matrisi 50
6.7 Teknik Özellikler Alt Kriter Öncelikler Vektörü 50
6.8 Teknik Özellikler Alt Kriter Tüm Öncelikler Vektörü 50
6.9 Ana Makine Güç Kriteri 51
6.10 Ana Makine Devir Kriteri 52
6.11 Ana Makine Ağırlık Kriteri 52
6.12 Ana Makine Güç Kriteri 53
6.13 Ana Makine İlk Yatırım Maliyeti Kriteri 54
6.14 Ana Makine Teslim Süresi 54
6.15 Ana Makine Marka Güvenirliği Kriteri 54
6.16 Ana Makine Yakıt Tüketim Kriteri 55
6.17 Ana Makine Yağ Tüketim Kriteri 55
6.18 Ana Makine Bakım Masrafları Kriteri 55
6.19 Ana Makine Final Tablosu 57
6.20 Karma Öncelik Vektörü 58
6.21 Jeneratör Seçimi Hiyerarşi Tablosu 59
6.22 Jeneratör Güç Seçimi 60
6.23 Jeneratör Devir Kriteri 60
6.24 Jeneratör Ağırlık Kriteri 61
6.25 Jeneratör Hacim Kriteri 61
6.26 Jeneratör İlk Yatırım Maliyeti 62
6.27 Jeneratör Teslim Süresi 62
6.28 Jeneratör Marka Güvenirliği 63
6.29 Jeneratör Yakıt Tüketimi 63
6.30 Jeneratör Yağ Tüketimi 64
6.31 Jeneratör Bakım Masrafları 64
6.32 Jeneratör Final Tablosu 66
6.33 Jeneratör Karma Öncelik Vektörü 67
6.34 Ana Makine Karar Matrisi 68
6.35 Normalize Karar Matrisi 69
6.36 Ana Makine Ağırlıklandırılmış Normalize Matris 69

6.37 Pozitif Ve Negatif İdeal Ayırımlar Matrisi 70
6.38 Ayırım Ölçüleri Ve İdeal Çözüme Göreli Yakınlıkları 70
6.39 TOPSIS Yöntemine Göre Ana Makine Önem Sıralaması 71
6.40 Jeneratör Karar Matrisi 72
6.41 Jeneratör Normalize Karar Matrisi 73
6.42 Jeneratör Ağırlıklı Normalize Matrisi 73
6.43 Jeneratör Pozitif Ve Negatif İdeal Ayırım Ölçüleri 74
6.44 Jeneratör İdeal Çözümlerin Göreli Yakınlıkları 74
6.45 TOPSIS Yöntemine Göre Jeneratör Önem Sıralaması 75
6.46 Ana Makine PROMETHEE Veri Matrisi 77
6.47 Ana Makine Kriter Tercih Fonksiyonları Ve Parametre Tablosu 77
6.48 Ana Makine Tercih İndeksi 79
6.49 Ana Makine Üstünlük Değerleri 76
6.50 Ana Makine Tam Sıralama Tablosu 77
6.51 Jeneratör PROMETHEE Veri Matrisi 81
6.52 Jeneratör Tercih Fonksiyonları ve Parametreleri 82
6.53 Jeneratör Tercih İndeksi 82
6.54 Jeneratör Üstünlük Değerleri 83
6.55 Jeneratör Tam Sıralama Tablosu 84
7.1 Ana Makinenin Farklı Yöntemlere Göre Karşılaştırılması 87
7.2 Jeneratörün Farklı Yöntemlere Göre Karşılaştırılması 87

1.GİRİŞ

İnsan, yaşamının her devresinde bazı problemlerle karşılaşır ve çözüm arayışına girer. Karşılaşılan problemler birçok alternatif arasında ve birden fazla kritere bağlı yapılmak istenmektedir. Bu durum ise karar vericiyi zorlu bir karar sürecine sokmaktadır. Karar verme sürecine geçmeden önce karar probleminin tanımına değinelim. Karar, bir durum karşısında verilen en uygun tepkidir. Karar verme ise kısaca birçok alternatif arasından en uygun olanı seçmektir. Bu çalışmada ele alınan karar verme ise birçok alternatif arasından belli kriterlere veya ölçütlere göre belirlenen amaç doğrultusunda en uygun alternatifin seçilmesi işlemidir.

Bu çalışma gemi inşa sürecinde ana makine ve jeneratör seçimi amacı doğrultusunda belli modeller arasında belli kriterlere uygun olarak AHP, TOPSIS, PROMETHEE yöntemleri ile seçim işleminin yapılıp en uygun modelin seçilmesi işlemini içerecektir. Ayrıca bu çalışmada farklı yöntemlerle elde edilen durumlar karşılaştırılıp yöntemlerin karar verme sürecine nasıl katkı sağladığı ve kendi arasında ne kadar tutarlı olduğu gözlemlenmeye çalışılacaktır. Ayrıca sektörde karar verme süreçlerinde çoklu karar verme tekniklerinin önemini araştırmak isteyen araştırmacı ve yöneticilere yardımcı olmak amaçlanmaktadır.

Araştırma dört ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde karar verme süreci ve çok ölçütlü karar verme tekniklerinden AHP, TOPSIS, PROMETHEE yöntemlerine ayrıntılı olarak yer verilecektir. İkinci bölümde ise gemi ana makine ve jeneratör ile ilgili temel kavramlara ayrıntılı olarak yer verilecektir. Üçüncü bölümde ise ana makine ve jeneratör seçimini kriterler ele alınıp, bu kriterlere bağlı olarak seçilen gemi inşa projesine uygun makine ve jeneratör modelleri AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle karşılaştırılıp projeye en uygun model seçilmeye çalışılacaktır. Bu seçim işlemleri Microsoft Excel 2010 ve Visual PROMETHEE programları yardımıyla yapılacaktır.

Son bölüm olan sonuç bölümünde ise mevcut sonuçlar değerlendirilip elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılıp yorumlanacaktır. AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin sürece ne kadar katkı sağladığı tartışılacaktır.

2.KARAR VERME VE AHP, TOPSIS, PROMETHEE

2.1 Karar Süreci

Gündelik hayatta önemli bir yer tutan karar verme işlemi aynı zamanda işletmeler için de büyük önem taşıyan bir işlemdir. İşletmeler açısından "doğru karar verme" işletmelerin gelecekteki mevcudiyeti açısından hayati öneme sahiptir. Karar verme işlemi günümüzde rekabetin daha da keskinleştiği iş hayatında günden güne daha da zorlaşan bir proses haline gelmiştir. Yöneticiler kararlarını sezgisel yolla yani yargılarını kullanarak veya tecrübelerinden yararlanarak verebilirler. (Timor, 2011)

Karar verme planlama sürecinin önemli bir parçasıdır. Ancak çeşitli alternatifler arasından en ortaya çıkarmak da bir karar vermeyi gerektirir. Eğer bu alternatifleri değerlendirecek bütün bilgilere sahip olursak, karar vermede hiçbir problemle karşılaşmayız. Ancak karar vermeyi etkileyen birçok faktör vardır ve bunlar hakkında her zaman tam bilgi edinmemiz mümkün değildir. Karar vermek izlenecek yolu en rasyonel şekilde seçmektir. Hiçbir zaman gelecekle ilgili tam , kusursuz bilgiye sahip olamayacağımız için mümkün olan tabirini kullanıyoruz. Buna aynı zamanda kısıtlı rasyonellik de denir. Kısıtlı rasyonellik eldeki bilgilerle en iyi kararı vermektir. (Üçok, 1988)

Karar verme prosesi, iş dünyasında en önemli aktivitelerden birisidir. Karar verme safhaları için büyük miktarlarda para ve zaman harcamaktadırlar. Yöneticiler verecekleri bu kararlar için doğru ve güvenilir tahminlere ihtiyaç duyarlar. Bunu yaparken bilimsel ölçütleri dikkate almaları, karar verme prosesinin karmaşıklığı göz önüne alındığında, daha tutarlı kararlar vermeleri için çok önemli bir unsur halini almaktadır. Çünkü karar verme prosesi birbirleri ile etkileşim içerisinde olan birçok elemandan oluşur ve bu elemanların bir veya birkaçında meydana gelecek değişim tüm sistemi etkileyebilir. (Özyörük ve Özcan, 2008)

Karar verme işlemi değişik şekillerde tanımlanabilir. Bu tanımlardan bazıları şunlardır: Karar verme dar anlamda seçenekler arasından en uygununu seçme olarak tanımlanabilir. Karar verilecek konuya ilişkin farklılık gösteren alternatifler arasında karşılaştırma yapıldıktan sonra seçim işlemini yerine getirmek, karar verme sorununu

oluşturur. Karar verme, çok yönlü bir olay içinde seçim yapmayı ifade etmektir. İşletme yönetiminin bir kuramı olarak karar, bir seçimi ifade eder. Yöneticinin veya herhangi bir kişinin herhangi bir konuda yaptığı seçim karardır. O halde "seçme, tercih etme, tavır alma, benimseme ile karar verme" çok yakından ilişkilidir. Yöneticinin konu üzerinde düşünüp taşınması sonucu çare veya çözüm olarak benimsediği yol yöneticinin kararını ifade eder. (Koçel, 2001)

Ekonomik yapının temel taşı olarak işletmeleri amaçlarına ulaştırmadaki en önemli fonksiyonlardan biri karar verme sürecidir. (Esen, 1998)

O halde "Karar Verme" nedir? Karar verme en yalın biçimde çeşitli alternatifler arasından seçim ve tercih yapmaktır. Daha doğrusu etken olan eylemin seçimidir. Karar verilecek konuya ilişkin farklılık gösteren alternatifler arasında karşılaştırma yapıldıktan sonra, seçim işlemini yerine getirmek, karar verme sorununu oluşturur. Kuşkusuz karar verme bir sorunu çözme işlemidir. Karar verme, çok yönlü bir olay içinde bulunup seçim yapmayı ifade etmektedir. (Demir ve Gümüşoğlu, 1988)

Bunun sonucunda artık günümüzde karar vericinin kararı bilimsel yöntemlerle desteklenen bir karar yaklaşımını gerekli kılmaktadır. Bu yaklaşım, elde edilen sonuçların başkaları tarafından ulaşılabilmesini, olabildiğince kantitatif yöntemlere başvurulmasını, tüm hesaplamaların, varsayımların, verilerin ve yargıların açıkça belirtilerek eleştiriye acık olmasının sağlanabilmesini, objektif olmayı, kişilere, kişilerin unvanlarına veya çıkarlarına bağlanmamayı gerektirir. (Canhasi, 2010)

Karar verme, kararın sınıflandırılmasını sağlamak amacıyla kendi içerisinde çok sayıda kriter ve alt kriterleri içerir. Bu kriterler bazen sayılabilir olmakla birlikte bazı durumlarda sayılamayan özellikte de olabilirler. Sayılamayan faktörlerin ölçülmesi çoğu zaman insan algısını zorlamaktadır. Sayılar ve ölçümler matematiğin ve bilimin kaynağıdır. Matematiğin varsayımlarından biri de, var olan her şeyin eksi sonsuz ile artı sonsuz arasında değer alabileceği ve tüm matematiksel modellerin bu doğrultuda tanımlanabileceğidir. (Saaty , 1994)

Karar verme işlemindeki tutarlı yolların eksikliği, özellikle sezgilerin tek başına yeterli olmadığı durumlarda hangi kararın doğru olduğu sonucuna varma konusunda karar vericileri zor durumlara sokmaktadır. (Saaty , 1994)

Karar verici konumundaki kişiler iki çeşit karar yaklaşımıyla karşı karşıyadır. Bunlar sezgisel ve analitik karar yaklaşımlarıdır. Sezgisel kararlar herhangi bir veri tabanı tarafından desteklenmemektedir. Analitik karar yaklaşımı ise sorunların kademeli bir şekilde anlamlı daha küçük alt bölümlere ayrıştırılarak daha etkin çözümlenebileceği esasına dayanır. Böylece sağlıklı kararların alınması için analitik yaklaşımlar önerilmektedir. Çünkü verilen kararların tutarlılığı; seçenekler arasında yapılan karşılaştırmalı bir analiz neticesinde artış gösterir. Analitik yaklaşım verilerin ortak paylaşımına öncülük eder. (Özyörük ve Özcan, 2008)

Her iki karar verme sürecinde de verilerin niteliği on plana çıkmaktadır. Gerek sezgisel gerek analitik olsun bütün karar verme süreçlerinde sayılabilen ve sayılamayan faktörlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Daha güvenli sonuçlar elde etmek için karar vericiler, sayılabilen değerleri türetmek üzere yargılarından da yararlanmalı ve daha anlamlı çıktılar elde etmek için bunu diğer faktörlerle karşılaştırarak görece önem derecelerini oluşturabilmelidir. (Saaty , 1994)

Karar sürecinde problem çözme aşamaları:

- Karar probleminin belirlenmesi
- Karar problemine ilişkin karar unsurlarının belirlenmesi
- Karara ilişkin amaç ve kısıtların saptanması
- Model kurulması(modelin formüle edilmesi)
- Alternatif çözümlerin belirlenmesi

Yukarıda sayılan aşamalardan sonra veri toplanarak derlenen veriler ile karar problemine ait model test edilerek uygulama sonuçlarına göre elde edilen bulgular hakkında yorumlar yapılmaktadır. (Timor, 2011)

2.2 Karar Bileşenleri

- Alternatifler: Karar verme problemiyle ilgili eylemler, faaliyetler veya nesnelerin tümüdür. Sayıları en az iki veya daha fazla olan alternatifler karar verici tarafından amaç ve ölçütler belirlendikten sonra ele alınır. Karar sürecinde iyiden kötüye göre ele alınır, değerlendirilir ve en iyi alternatif belli yöntemler ışığında belirlenir.
- Kriterler: En iyi alternatifi seçmek için ele alınan kurallar, nitelikler veya araçlardır.

- Karar vericiler: Karar problemini tanımlanan amaçlar kriterler ve hedefler doğrultusunda sonuçlandırmaya çalışan ve bu sonuçların sorumluluğunu da alan kişi veya gruptur.
- Amaçlar: Karar vericinin ulaşmak istediği en iyi sonuçtur. Yani karar vericinin istekleri doğrultusunda minimize veya maksimize edilmek istenen özelliklerdir. (Timor, 2011)
- Ölçüt: Amaca ne kadar yaklaşıldığı konusunda yol gösteren ölçülerdir. Karar vericinin değer yargılarına göre ölçülebilir olduğundan objektif veya sübjektif olabilir. (İstemi, 2006)
- Ağırlıklar: Karar kriterinin önem derecesine denir.
- Kısıtlar: Karar vericinin amaca ulaşmasında önüne çıkan engellerdir.
- Karar verme süreci: Amaç doğrultusunda ele alınan kriterlere göre en iyi alternatifi seçme sürecidir.
- Karar verme yöntemi: Karar verme sürecinin yürütülmesini sağlayan, bu sürecin içine gireceği yöntemin ayrıntılarını ortaya koyan bir bütündür. (Tezcan, 2010)

2.3 Karar Problemlerinin Sınıflandırılması

Karar problemleri belirlilik halinde karar verme, risk halinde karar verme ve belirsizlik altında karar verme olmak üzere üç ana başlık halinde ele alınabilir.

2.3.1 Belirlilik Halinde Karar Verme

Bir karar probleminde kararı ilgilendiren unsurlardan oluşan karar matrisi elemanlarının sadece tek bir olay ve seçeneğe karşılık gelen belli değerleri aldığı problemlerde uygulanabilen yöntemdir. Bu tip problemlerde her seçeneğe ait tam bilgi mevcuttur. (Timor, 2010)

2.3.2 Risk Halinde Karar Verme

Risk halinde karar verme problemlerinde olayların olasılıkları bilindiği varsayımı altında optimum beklenen değer hesaplanarak karar verilir. (Timor, 2010)

2.3.3 Belirsizlik Halinde Karar Verme

Bir karar probleminde durum belirlilik şeklinde bir problem olarak ortaya çıkmıyorsa olaylara ait olasılıklar belirlenemiyorsa bu tür problemler belirsizlik halinde problem olarak ele alınır. Bu durumda kriterlerin değerlendirilmesi ve en iyi alternatifin seçimi karar verici ile ilgili birçok durumdan etkilenir. Bu durumda karar

vermek için “İyimserlik (Maksimaks)”, ”Kötümserlik (Minimaks)”, ”Eş Olasılık (Laplace)”, ”Pişmanlık” ve” Hurwicz” kriterlerinden birine göre karar verilebilir. (Timor, 2010)

2.3.4 Çok Amaçlı Karar Verme

Bir karar probleminde tek bir amaç varsa karar verici kısıtları da göz önünde bulundurarak problemin niteliğine (maksimum/minimum) göre optimal çözümü belirler. Fakat ele alınan problemde birden fazla amaç var ve bunlar birbiriyle çelişen durumda ise o zaman çözüm biraz daha zorlaşmaktadır. Bu durumda tek bir amaç fonksiyonu yerine birden çok amaç içeren (m) adet amaç fonksiyonundan oluşan vektörün maksimize edilmesi gerekecektir. Problemin çözümünde birden fazla amacın doğrulanması gerekeceğinden tek bir optimal çözüm değil de karar vericinin tercihleri doğrultusunda "çözümlerin belirli bir şekilde uzlaştırılması" gerekecektir. Bu yüzden çok amaçlı karar verme problemlerinde ulaşılmak istenen çözüme "En İyi Uzlaşık Çözüm" adı verilir. (Timor, 2011)

Bir "Çok Amaçlı Karar Verme" probleminin genel formu şöyledir:

x, n boyutlu karar vektör değişkenleri olmak üzere;

Amaç fonksiyonları:

$$\max\{f_1(x), f_2(x), \ldots f_m(x)\} \tag{2.1}$$

Kısıtlar:

$$g_k(x) \leq 0 \ (k=1,2,\ldots,p) \text{ ve } (x \geq 0) \tag{2.2}$$

Verilen bu problem "Vektör Maksimizasyon Problemi" olarak adlandırılır. (Timor, 2011)

2.3.5 Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme karar vericilerin seçenekleri birçok kritere göre tanımlamasına, değerlendirmesine, derecelendirmesine, seçme ya da reddetmesine yardımcı olan kavramlar, modeller ve yöntemlerdir. Bu yüzden bir problemin ÇKKV olması için iki temel özelliği olmalıdır. Bunlar “en az iki çelişen kriter” ve “en az iki alternatif çözüm ”dür. (Aydın, 2008)

Organizasyon yapıları içerisindeki karar vericiler, kendi karmaşık problemlerini analiz etme noktasında çoklu kriterli karar vermeye başvurmaktadır.

ÇKKV karar vericilerin işlerini oldukça kolaylaştırmaktadır. ÇKKV karar vericiye risk ve belirsizlik durumlarındaki karar seçeneklerinin avantaj ve dezavantajlarını ortaya çıkarır. Bu durum da etkili rekabet için ihtiyaç duyulan stratejilerin biçimlendirilmesi açısından çok önemlidir. (Saaty , 1994)

Çok kriterli karar verme mikrodan makroya hayatın her alanında kullanılmaktadır. Mikro ölçekte kişisel kararlar, orta ölçekte işletme ve örgüt kararları, makro ölçekte ise devlet bütçe dağıtım aşaması, yatırım kararları örnek verilebilir. (Kocamustafaoğulları, 2007)

Çok kriterli karar verme süreci belli aşamalarda gerçekleşir. Bu aşamalar şu sıradadır;

Amaçların Belirlenmesi: Amaçlar iyileştirmeyi hedeflediğimiz yönde olmalıdır. Amaçlar belli, üzerinde uzlaşılmış, gerçekçi, zamana bağlı ve ölçülebilir olmalıdır.
Kriterlerin oluşturulması: Kriterler, kapsayıcı olmalıdır. Yani kriterlerin düzeyi bilinirse amaca ne kadar ulaşıldığı da anlaşılır.
Ölçülebilir olmalıdır. Karar vericinin öncelikleri kriterin her düzeyi için ölçülebilmelidir. Yeterli olmalıdır. Kriterler birden fazla tekrar ederek sonucu etkilememelidir. Minimal olmalıdır. Karar problemi mümkün olan en basit şekilde ifade edilmelidir.
Alternatiflerin belirlenmesi: Amaca göre gelişmeye açık olmalıdır. Amaçlara ve kriterlere göre yeni alternatifler oluşturulabilinir.
Alternatiflerin kriterlere göre belirlenmesi: Her alternatif, her kriter üzerinden değerlendirilir. Nümerik olmayan tercihler de nümerik değerlendirmeye dönüştürülebilir. Bazı metotlarda alternatifler kriterler üzerinde ikili karşılaştırma ile değerlendirilir.
Genel değerlendirme ve karar: Alternatiflerin birbirine göre önem dereceleri yani ağırlıkları saptanır. Bir alternatifin toplam puanı , o alternatifler üzerinden aldığı puanların toplamıdır. Analiz sonucu karar vericinin değerlendirmesine sunulur.
Kararın incelenmesi ve geri dönüm: Karar vericinin değerlendirmesiyle gerekli yerlerde değişiklik yapılır.

Duyarlılık analizi özellikle yakın sonuçlarda hangi kriter puan değeri değişikliklerinde sonucun yani seçimin farklılaşacağını gösterir. (Kocamustafaoğulları, 2007)

Çok kriterli karar verme dediğimiz zaman karşımıza birçok yöntem çıkar. Bunlardan birkaçına örnek olarak AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerini verebiliriz. Bir sonraki başlıkta bu yöntemler ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2.4 ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

Analitik hiyerarşi prosesi ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977de ise Profesör Thomas Lorie Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılır hale gelmesini sağlamıştır. (Aydın, 2008)

AHP karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHP' nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif olarak karar sürecine dahil olabilmesidir. Yani AHP bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir. (Kuruüzüm ve Atsan, 2001)

Analitik hiyerarşi prosesi gerçekte insanını hiçbir şekilde kendisine öğretilmemiş olmasına karşın, içgüdüsel olarak gerçekleştirdiği karar mekanizmasını yansıtmaktadır. Çok sayıda ve birbiriyle çelişen öğeler ile karşılaşıp bu öğelerin sadece bir kısmını kontrol edebileceğimizi fark ettiğimiz zaman içgüdüsel olarak bu öğeleri belirli özelliklere göre gruplamaya çalışırız. İşte analitik hiyerarşi sürecinde ise bu beyinsel süreç taklit edilip söz konusu gruplar sistemin belli bir düzeyindeki öğeleri yansıtmaktadır. Bu gruplar daha sonra başka özellikler kümesine göre yine kendi aralarında gruplandırılıp sistemin bir üst düzeyi oluşturulur ve bu süreç sistemin en üst düzeyine yani karar verme sürecinin ana gayesini oluşturan öğeye ulaşana kadar devam eder. Bundan sonraki işlem hiyerarşinin en altındaki öğelerin en üst düzeyde bulunan ve ana amaç olan öğe üzerindeki etkilerinin saptanmasıdır. (Canhasi, 2010)

AHP' nin pek çok uygulama alanı mevcuttur. Farklı işletmecilik alanlarındaki uygulamalara birçok örnek verilebilir. Pazarlama alanında; hedef pazarın ve ürünün belirlenmesi, yeni ürün kararının değerlendirilmesi, pazarlama karmasının belirlenmesi, müşteri gereksinimlerinin saptanması, tedarikçi seçimi ve tüketici tercihlerinin belirlenmesi yöntemin kullanıldığı konulardır. Toplam kalite

yönetiminde kalite kriterlerinin daha iyi anlaşılmasında ve kaliteyi etkileyen faktörlerin belirlenmesinde yöntem etkin olarak kullanılmıştır. Kıyaslama (benchmarking) konusunda da AHP'nin kullanıldığı birçok araştırma mevcuttur. Üretim alanında ise AHP itme-çekme (push-pull) sistemlerinde, tam zamanında (just in time) imalat sistemlerinde, imalat bölümlerinin performans karşılaştırmalarında, hücresel imalat sistemlerinin tasarımı ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca proje seçimi, yatırım kararları ve yönetim stratejilerinin değerlendirilmesi alanlarında da AHP yaygın olarak kullanılmaktadır. (Kuruüzüm ve Atsan, 2001)

2.4.1. AHP'nin Aşamaları

AHP'yi genel olarak 6 aşamada ele alabiliriz. (Canhasi, 2010)

1)Problemin Tanımlanması: Her karar verme probleminde olduğu gibi AHP yönteminde de ilk adım problemin tanımlanmasıdır. Ancak tanımlanan problem AHP yöntemine uygun olmalıdır. Yani ele alınan problem elemanlarının nicel özellik göstermesidir.

2)Sistemin Gözlemlenmesi: AHP çok amaçlı karışık bir karar problemini her düzeyi belli bir hiyerarşiye ayrıştırır. Yani ana kriterleri belirleriz. Daha sonraki adımda ise ana kriterleri alt kriterlere ayrıştırırız. Sistemin en altına da seçenekleri kriterlerle eşleştiririz. Böyle bir hiyerarşinin kurulabilmesi için problem , kriterler, alt kriterler çok iyi bir şekilde anlaşılmalıdır.

3)Hiyerarşik Yapının Kurulması: Karar verme probleminde model kurma aşamasına karşılık gelmektedir. Hiyerarşide en önemli husus hiyerarşideki elemanların birbiriyle olan ilişkileridir.

4)Önceliklerin Belirlenmesi: Hiyerarşi kurulduktan sonraki aşama aynı hiyerarşi düzeyindeki elemanların göreli ağırlıklarının yani birbirlerine göre önem düzeylerinin belirlenmesidir. Ana kriterlerin kendi aralarındaki önem dereceleri belirlendikten sonra varsa ilgili ana kriterin alt kriterleri kendi aralarında göreli ağırlıkları belirlenir.

5)Sentez: Kriterlerin önem ağırlıkları belirlendikten sonra seçenekler ile bulunan ağırlık değerleri birleştirilerek seçeneklerin genel ağırlıkları bulunur.

6)Değerlendirme Ve Sonuç: Özvektörün hesaplanması sırasında problemin rassal tutarlık indeksi bulunur. Eğer bu değer 0,1 den büyük çıkarsa oluşturulan hiyerarşide veya önem derecelerinin belirlenmesinde bir tutarsızlık olduğu anlaşılır. Bu durumda hiyerarşi ve önem dereceleri gözden geçirilip tutarlık indeksi uygun değere çekilmelidir. Eğer böyle bir tutarsızlık söz konusu değilse bulunan genel ağırlık değerleri karar verme probleminin çözümü olarak uygundur. Yani en büyük göreli ağırlığa sahip alternatif seçilir ve uygulanır.

2.4.2. Analitik Hiyerarşi Prosesinin Teoremleri

Teorem 1: A matrisinin özdeğerleri λ_i (i=1,2,…,n) olmak üzere bu özdeğerler aşağıdaki eşitliği sağlar.

$$\sum_{j,k=1}^{n} \lambda_i \lambda_k = 0 \quad (j \neq k) \tag{2.3}$$

Teorem 2: $A=(a_{ij})$ $a_{ij}=(a_{ji})^{-1}$ olmak üzere pozitif değerli ve nxn boyutlu bir kare matris olsun.

$$A\lambda_{max}=n \tag{2.4}$$

ise tam tutarlıdır.

Teorem 3: İkili karşılaştırma matrisi tam tutarlı ise matrisin çeşitli derecelerden kuvvetini hesaplamak oldukça kolaydır. n aktivite sayısını ve k da istenilen kuvveti göstermek üzere :

$$A^k=n^{k-1}A \tag{2.5}$$

eşitliğinden ikili karşılaştırma matrisinin istenilen kuvveti hesaplanabilir.

2.4.3. Analitik Hiyerarşi Prosesinin Aksiyomları

Saaty tarafından geliştirilen AHP dört aksiyomdan oluşmaktadır. Bu aksiyomları şöyle sıralayabiliriz:

Aksiyom 1: (Terslik koşulu) a_{ij} i-inci özellik ile j-inci özellik arasındaki karşılık değeri, a_{ji} ise j-inci özellik ile özellik arasındaki ikili karşılaştırma değerini temsil etmek üzere terslik koşuluna göre,

$$a_{ij}=1/a_{ji} \quad \text{'dir.} \tag{2.6}$$

Aksiyom 2: (Homojenlik) İkili karşılaştırma matrislerinde a ve b ölçütlerinden biri diğerine göre ∞ kez üstün kabul edilemez.

$$a_{ij} \neq \infty \text{ (her i ve j'ler için)} \tag{2.7}$$

"Tercihler bir ölçek ile temsil edilmelidir. Bu ölçek sağlanmamışsa karşılaştırılan elemanlar homojen değildir. Karar verici ,herhangi bir kriter altında i-inci alternatifle j-inci alternatifi bir diğerine göre sonsuz iyi olarak değerlendiremez. Kullanılan temel ölçek 1-9 aralığında olduğundan a_{ij} değerleri 1/9 ,…,9 arasında olmalıdır." (Timor, 2011)

Aksiyom 3: (Bağımsızlık) Ölçütler kendi aralarında ve seçeneklerden bağımsızdır.

Aksiyom 4: (Beklentiler) Bir karar problemi hiyerarşik yapıda sunulabilir.

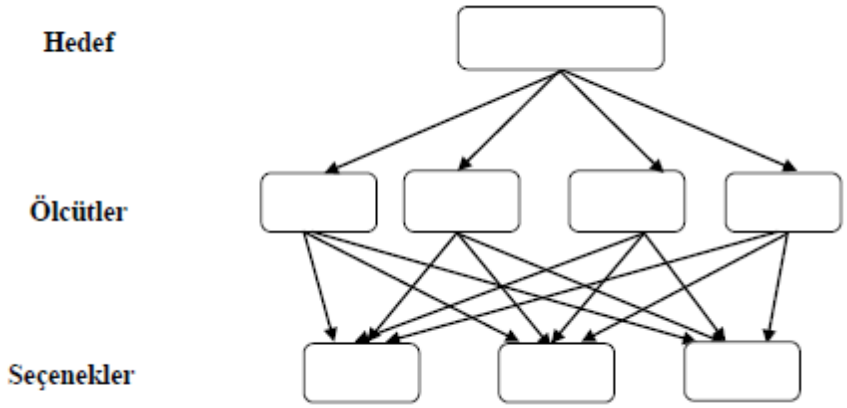
2.4.4. Analitik Hiyerarşi Prosesinde Hiyerarşi Kurulması

Her seviyesi üst sıralara çıkıldıkça azalma eğilimi gösteren ve bir üst sıradakinin amacına uygun birçok karşılaştırma faktöründen oluşan ve derecelendirme vazifesi gören ağ yapıya hiyerarşi denir. (Aydın, 2008)

Analitik hiyerarşi prosesinde hiyerarşi kurulurken en üst basamakta problemin amacı yer alır. Alt basamakta ise problemle ilgili ana kriterler, ana kriterlerin bir alt basamağında ise ilgili kriterin alt kriterleri yer alır. Oluşturulan hiyerarşinin en alt basamağında ise problemle ilgili seçenekler bulunur. Bu yapıyı kurmadan önce dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Öncelikle problem çok iyi ele alınmalıdır. Daha sonra çözüm sürecine katkıda bulunacak konu ve nitelikler belirlenmelidir. Ayrıca oluşturulan hiyerarşi sonradan düzenlemelere açık olmalıdır. Yani karar verici gerekli gördüğü zaman kriterler ile ilgili ekleme çıkarma yapabilmelidir. (Canhasi, 2010)

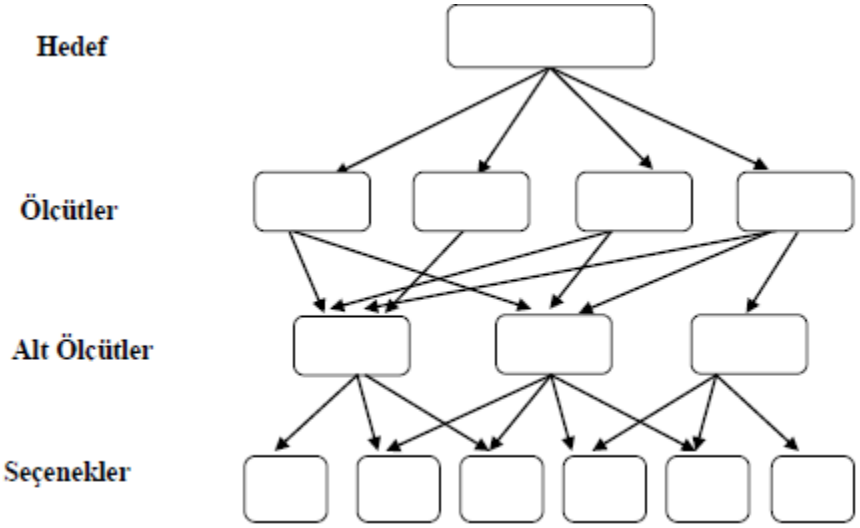
Alt ve üst seviyedeki kriterlerin birbiriyle etkileşimine göre iki çeşit hiyerarşi vardır. Bunlar tam ve tam olmayan hiyerarşilerdir.

Tam hiyerarşide bir alt seviyedeki elemanların üst seviyedeki tüm elemanları etkiler.



Şekil 2.1 Genel Hiyerarşi Tablosu

Tam olmayan hiyerarşide ise alt seviyedeki elemanların üst seviyedeki elemanların tümünü etkilemediği, bazılarını etkilediği hiyerarşilerdir.



Şekil 2.2 Analitik Hiyerarşi Tablosu

2.4.5. AHP'de İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Karar probleminin hiyerarşi tablosu oluşturulduktan sonraki adım aynı önem derecesine sahip kriterlerin birbirine göre ağırlıkların belirlenmesidir. Bu aşamada birbirine göre ağırlıklandırma kısmında Saaty'nin 1-9 puanlı tercih ölçeğinden yararlanılır. Bu ölçeğin etkinliği farklı alanlarda yapılan uygulamalar ve başka ölçeklerle yapılan teorik karşılaştırmalar sonucunda saptanmıştır. (Kuruüzüm ve Atsan, 2001)

Tablo 2.1 1-9 Puanlı Tercih Ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle tercih edilmelidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,6,8	Ara Değerler	İki faktör arasında küçük farklar olduğunda kullanılır.
Karşılıklı Değerler	i, j karşılaştırılırken bir değer x atanmış ise ; j, i ile karşılaştırılırken atanacak değer 1/x olmalıdır.	

Göreli üstünlüklerin bulunması amacıyla yapılan ikili karşılaştırmalar konu hakkında uzman olan kişi veya kişilerce yapılmalıdır. Bu karşılaştırma işlemi yapılırken her seviyedeki öğeler kendi aralarında ikili karşılaştırılır ve ortaya kare matrisler çıkartılır. İkili karşılaştırmalar hiyerarşinin en tepesinden başlar en alt kademelere doğru iner. (Rençber, 2010)

Öncelik vektörlerinin kurulmasında lineer cebir tekniklerinden faydalanılır. Bu aşama en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalizasyonunu içerir. Normalizasyon işlemi farklı şekillerde yapılabilmektedir. Fakat en yaygın kullanılan yöntem her sütunun elemanları o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınıp bu toplam satırdaki eleman

sayısına bölünür. Böylelikle her kriter için öncelik vektörü bulunmuş olur. (Kuruüzüm ve Atsan, 2001)

İkili karşılaştırmaları elde ettikten sonra bu veriler AHP'de matrise dönüştürülür. a_{ij} i-inci özellik ile j-inci özelliğin karşılaştırma değeri olmak üzere elde edilen matris şu şekildedir:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \tag{2.8}$$

a_{ji} ise j-inci özellik ile i-inci özelliğin karşılaştırmalı değeridir. Yani $a_{ji}=1/a_{ij}$ eşitliğini sağlar.

Yukarıda oluşturulan matrisin çözümünden elde edilecek olan öncelik veya özdeğer vektörü $W=(w_1,w_2,\ldots,w_n)$ şeklinde gösterilir. w_i öncelik veya özdeğer olarak ifade edilir. Bu değerlerden W^* matrisi elde edilir. W^* matrisi ise şu şekildedir: (Timor, 2011)

$$W^* = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

İkili karşılaştırma matrisinin temel özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz: (Saaty, 2006)

1)AHP' de temel ölçek olarak 1-9 puanlı ölçeği kullanıldığı için matris elemanları pozitif değerlerden oluşan kare bir matristir.

$a_{ij} > 0 \quad i,j=1,2,\ldots,n$

2)İkili karşılaştırma matrisi tam tutarlı ise aşağıdaki eşitlik sağlanır.

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$$

$$|a_{ij}||a_{jk}| = \left(w_i/w_j\right)\left(w_j/w_k\right) = \left(w_i/w_k\right) = a_{ik} \qquad (i,j,k=1,2,\ldots,n) \tag{2.10}$$

3)A matrisi tam tutarlı ise herhangi bir satırından matrisin diğer tüm öğeleri kolaylıkla elde edilebilir.

4)Toplam olarak $C(n,2) = \frac{n.(n-1)}{2}$ defa karşılaştırma yapılır.

5)Bu matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör matrisi ağırlık olarak adlandırılır.

6)A matrisinin köşegen değerleri 1'e eşittir.

2.4.6. Analitik Hiyerarşi Prosesinde Özdeğer, Özvektör Ve Tutarlık Hesaplanması

Reel elemanlı bir A_{nxn} kare matrisi ve sıfırdan farklı x_{nx1} vektörü ele alındığında Aw=λw eşitliğini sağlayan bir λ skaleri varsa bu sıfırdan farklı A kare matrisinin bir "özvektörü"dür.λ ise A matrisini bir "özdeğeri" olarak tanımlanır. (Timor, 2011)

Göreli önemlerin belirlenmesi için gerekli hesaplar aslında en büyük özvektörün özdeğerini bulmak için yapılmaktadır. A matrisinin en büyük özdeğeri λ_{max} olarak ele alınırsa, W öncelik vektörü olmak üzere , $(A-\lambda_{max}I)W=0$ denklem sisteminin çözümü elde edilir.

Özdeğer vektörlerinin çözümü ikili karşılaştırma matrisinde önceliklerin en üstününü bulmada en iyi yaklaşımdır. (Saaty, 2006)

Özdeğer vektörlerinin bulunması için şu adımlar izlenmelidir:

1.Adım: En iyi çözümü elde etmenin kısa yolu karşılaştırma matrisinin kuvvetlerini alarak büyütmektir. Bunun için her defasında matrisin karesi alınır.

2.Adım: Daha sonra satır toplamları hesaplanır ve normalleştirilir. Bu vektör en iyi çözümü verme özelliğine sahiptir.

3.Adım: Bir sonraki işlem ardıl adımdaki satır toplamları arasında fark çok küçükse hesaplama sonlandırılacaktır. Burada eğer karşılaştırma matrisinin elemanları 4 dijitli yazılıp hesaplamalar yapılırsa 1'den fazla iterasyona gerek olmadığı görülür.

Ancak bu çözüm n≥5 boyutundan büyük matrisler için hesaplaması zor hale gelebilir. Daha kolay bir şekilde çözüme ulaşmak için bazı yöntemler uygulanabilir. Bu yöntemler;

1)En Basit Sapmalı Yöntem: Her satırın toplamı alınıp her toplam değeri söz konusu toplamların toplamına bölünür. Böylelikle toplam 1'e eşitlenmiş ve satırlar normalize edilmiş olur.

2)Daha İyi Yöntem: Her sütundaki elemanların toplamı alınır ve bu toplamların eşlenikleri bulunur. Daha sonra her eşlenik eşleniklerin toplamına bölünüp matris normalize edilir.

3)Bölmeli İyi Yöntem: Her sütunun elemanları o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınır ve bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür. Bu yöntem normalize edilmiş sütunda ortalama alma işlemidir. Önceki yöntemlere göre en sağlıklı olan yöntem bu yöntemdir.

4)Çarpmalı İyi Yöntem: Her satırdaki n eleman birbiri ile çarpılıp n-inci dereceden kökü alınır. Yani her satırın geometrik ortalaması alınır. Daha sonra elde edilen değerler toplam değere bölünerek normalize edilir. (Aydın, 2008)

Bu dört yöntem içerisinde en yaygın kullanılan yöntem "Bölmeli İyi Yöntem"dir. Bu yöntem kullanılarak sentez işlemi yani λ_{max} kısaca şu şekilde hesaplanır. Karşılaştırma matrisindeki her sütuna ait elemanlar sütunun toplam değerine bölünerek matris normalize edilir. Öncelikler vektörü hesabı için her satırın ortalaması alınır. Daha sonra öncelikler vektörü ile başlangıçtaki karşılaştırma matrisi çarpılarak "Tüm Öncelikler Matrisi" hesaplanır. Elde edilen matris elemanları öncelikler vektörü elemanlarına bölünür. λ_{max}'ı hesaplayabilmek için bu değerlerin ortalaması bulunur. Bu ortalama bize λ_{max}' ı verir. (Timor, 2011)

λ_{max}'ı bulduktan sonra yapmamız gereken işlem tutarlık oranın hesaplanmasıdır. Tutarlık oranını hesaplayarak oluşturulan hiyerarşinin tutarlık derecesini hesaplamış oluruz. Aslında tüm karar verme sürecinin tutarlılığı bu şekilde hesaplanmış olur. Tutarlık oranı dediğimiz bu ölçü karar vericinin ikili karşılaştırmada varsa yaptığı yanlış karşılaştırmayı da saptar. Eğer yanlış bir karşılaştırma varsa uygun bir şekilde değişiklik yapılıp daha sağlıklı karar sonuçları elde edilir. Tutarlık oranı için kabul edilen üst sınır 0,10'dur.Eğer bulunan tutarlık oranı bu değerin üstündeyse yapılan ikili karşılaştırma bir daha gözden geçirilmelidir. Tutarlık oranını hesaplayabilmek için öncelikle tutarlık indeksini(CI) hesaplamalıyız:

$CI=(\lambda_{max}-n) / (n-1)$ (2.11)

Şeklinde bulunur. CI bulunduktan sonra tutarlık oranı(CR) şu şekilde hesaplanır:

$CR=CI/RI$ (2.12)

RI rastgele değer indeksini temsil etmektedir. Rastgele değer indeksi tablosundan uygun değer seçilerek işlemler yapılır. (Canhasi, 2010)

Tablo 2.2 Rasgele Değer İndeksi

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Eğer bulunan tutarlık oranı 0,10'dan küçükse yapılan karar verme işlemi tutarlıdır. Amaca uygun bir şekilde karar uygulanır.

Duyarlık analizi: Hesaplanan tutarlık oranı yargıların gözden geçirilmesini yeteri kadar garantilediği varsayılır. Eğer tutarlık oranı 1,10'dan büyük çıkarsa kararlar bir daha gözden geçirilmelidir, fakat bu süreçte nasıl bir yol izlenmelidir? AHP yöntemini uygularken bu hesaplama için öncelikle w_i/w_j oranları matrisi (W^*) oluşturulur ve $\left[\left[a_{ij}-\frac{w_i}{w_j}\right]\right]$ mutlak farklar matrisi ele alınır. Bu matrislerin elemanlarını yeniden gözden geçirerek farkların en büyü ile satır toplamları üzerinde çalışmaktır. Yöntem tutarlık oranı istenen seviyeye çekilene kadar devam ettirilir. Yöntem sorunlu satırdaki a_{ij} değerlerinin yerini $\frac{w_i}{w_j}$ değerini almasıdır. Ve öncelik vektörü yeniden hesaplanmalıdır. Bu yöntemin tekrar edilebilirliği tutarlı duruma yakınsamayı kuvvetlendirdiği için önemlidir. Özellikle,

$$max \sum_{i,j=1}^{n} \left|a_{ij}-\frac{w_i}{w_j}\right| \quad (2.13)$$

ile birlikte ilgili satır kullanılarak bazı sorunlar çözülebilir. (Canhasi, 2010)

2.5 TOPSIS

TOPSIS (The Technique For Order Preference By Similarity To İdeal Solution) tekniği ELECTRE yöntemine alternatif olarak Hwang ve Yoon(1980) tarafından oluşturulmuştur. Yöntem alternatiflerin geometrik anlamda pozitif ideal çözüme en az uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en fazla uzaklıkta olma esasına dayanır. Yani

pozitif ideal çözüme en yakın mesafede olan alternatif aynı zamanda negatif ideal çözüme de en uzak mesafede olan alternatiftir. TOPSIS yönteminde kriter değerleri ve kriter ağırlıkları sayısal değerlerdir. İdeal ya da pozitif ideal çözüm olarak ifade edilen çözüm, fayda kriterini maksimize eden, maliyet kriterini ise minimize eden çözümdür. İdeal çözüm tüm kriterler sağlandıktan sonra tercih edilen alternatiflerin bu kriterleri olması gereken yani ideal seviyelerde yerine getirmesidir. Eğer ideal çözüm uygulanmaz veya ulaşılamaz ise o zaman ideal çözüme en yakın noktanın seçilmesi gerekmektedir. (Subaşı, 2011)

2.5.1. TOPSIS Yönteminin Uygulama Adımları

TOPSIS yönteminin bazı özelliklerini şöyle ifade edebiliriz. Yöntemin içeriği yalın ve anlaşılırdır. Hesaplama yeteneği güçlüdür. Karar alternatiflerinin ilişkisini belirlerken bu ilişki basit bir formda sunulabilir. Alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılmasına olanak sağlar. (Yurdakul ve İç, 2003)

TOPSIS yöntemi 7 adımdan oluşur. Bu adımlar;

1)Karar matrisinin oluşturulması

2)Karar matrisinin normalleştirilmesi

3)Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması

4)Pozitif ve negatif ideal çözümlerin oluşturulması

5)Ayırım ölçülerinin hesaplanması

6)İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

7)Önem sıralamasının yapılması

şeklinde sıralanır. (Özcan, 2012)

2.5.1.1. Karar Matrisinin Oluşturulması:

Karar matrisinin satır elemanları olarak üstünlükleri sıralanmak istenen kriterler, sütunlarda ise karar vermede kullanılan değerlendirme faktörleri yer alır. Karar matrisi karar vericiler tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Aşağıdaki matris m alternatif ve n kriterli bir karar matrisidir. (Subaşı, 2011)

$$A=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

2.5.1.2. Karar Matrisinin Normalleştirilmesi:

Bu adımda farklı ölçeklerdeki değerlendirmelerin aynı ölçeğe getirilerek karşılaştırılabilmeleri normalizasyon işlemi ile olanaklı hale getirilir. Normalleştirme işlemi karar matrisindeki bileşenlerin tüm bileşenlerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek yapılır. (Özcan, 2012)

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \quad \text{i=1,2,…,m j=1,2,…,n} \quad (2.15)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & & r_{2n} \\ & \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

2.5.1.3. Ağırlıklı Karar Matrisinin Oluşturulması:

Bu adımda öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları belirlenir. Ağırlık belirlenirken AHP yönteminden yararlanılır. Ağırlıklar belirlendikten sonra normalleştirilmiş karar matrisinin her bir elemanı (r_{ij}) ilgili kriterin ağırlığı (w_j) ile matris gösterimindeki gibi çarpılır. (Özcan, 2012)

$$V = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & w_3 r_{13} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & w_3 r_{23} & & w_n r_{2n} \\ & \vdots & & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & w_3 r_{m3} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

2.5.1.4.Pozitif Ve Negatif İdeal Çözümlerin Oluşturulması:

TOPSIS yöntemi her değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır. İdeal çözüme ulaşmak için (A^*) önceki adımda oluşturulan ağırlıklandırılmış normalize matrisin her bir sütunundaki en yüksek ve en düşük değerler seçilir. (Bulut, 2009)

$$A^* = \{(\max v_{ij} \,|j \in J), (minv_{ij}|j \in J')\}\, i = 1,2,3, \dots, m \quad (2.18)$$

$$A^- = \{(minv_{ij}|j \in J), (maxv_{ij}|j \in J')\} i = 1,2,3, \dots, m \quad (2.19)$$

Burada J fayda kriterini, $J^{'}$ ise maliyet kriterini belirtmektedir. Fayda kriteri için alternatifler arasından maksimum değer, maliyet kriteri için ise alternatifler arasından minimum değer gereklidir. Bu durumda A^{*} en çok tercih edilen alternatifi ,A^{-} ise en az tercih edilen alternatifi göstermektedir. (Özcan, 2012)

2.5.1.5. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması:

TOPSIS yönteminde her alternatifin pozitif ideal ve negatif ideal noktalardan sapmasını bulabilmek için Euclidian Uzaklık fonksiyonundan yararlanılır. Bu işlem sonucu elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) ölçüsü olarak adlandırılır. Burada hesaplanacak (S_i^*) ve (S_i^-) sayısı alternatif sayısı kadar olacaktır. (Özcan, 2012)

$$S_i^* = \sqrt{\sum(v_{ij} - v_{j^*})^2} \quad i = 1,2,3,\dots,m \tag{2.20}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum(v_{ij} - v_{j^-})^2} \quad i = 1,2,3,\dots,m \tag{2.21}$$

2.5.1.6 İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması:

Her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık şöyle hesaplanır: (Bulut, 2009)

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \; ; 0 \leq C_i^* \leq 1 \tag{2.22}$$

Bu formüle göre negatif ideal çözümden uzaklık değeri arttıkça ideal çözüme yakınlık değeri artmaktadır. Bu durumla ilgili alternatifin İdeal Ayırım değerinin yükselmesi ideal çözüme yakınlığın da azalması anlamına gelir. Aynı şekilde Negatif ayırım değerinin yüksek çıkması ideal çözüme yakınlığın artacağı anlamına gelir. (Özcan, 2012)

2.5.1.7. Önem Sıralamasının Yapılması:

Bu aşamada her bir alternatif için oluşturulmuş göreli yakınlık değerine bakılarak sıralama işlemi yapılır. Buna göre alternatifler arasında ideal çözüme en kısa uzaklıktaki alternatif yani en büyük C_i^* değerine sahip olan alternatifin en iyi alternatif olduğu sonucuna varılır. C_i^* değerlerini büyükten küçüğe sıralayarak alternatiflerin öncelik sıralaması yapılmış olur. (Özcan, 2012)

2.5.2. TOPSIS'in Kullanım Alanları:

TOPSIS yöntemi ÇKKV yöntemlerinden biri olduğu için çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu alanlara örnek olarak ekonomi, yönetim problemleri, veri tabanı seçimi, muhasebe ve finans, sermaye yatırımı, karar destek, üretim, makro ekonomik planlama, pazarlama, ürün tasarımı, pazarlama stratejisi, planlama, portföy seçimi, risk analizi, başvuru değerlendirmeleri, grup karar verme, tesis yeri seçimi, kaynak tahsisi, politika\ strateji, ulaştırma, pazar seçimi, kamu sektörü gibi alanlar örnek verilebilir. (Subaşı, 2011)

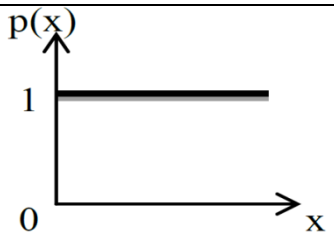
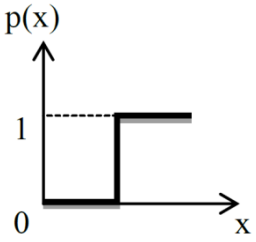
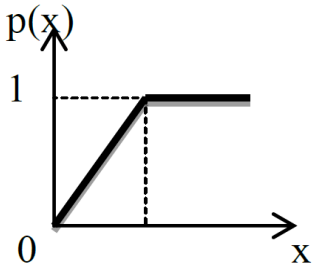
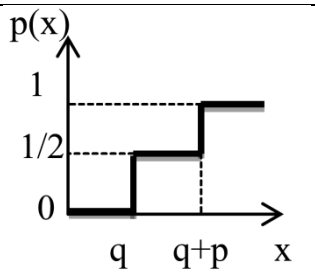
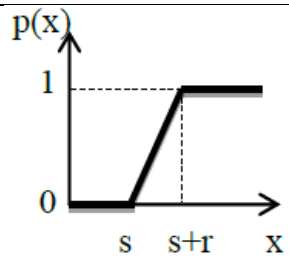
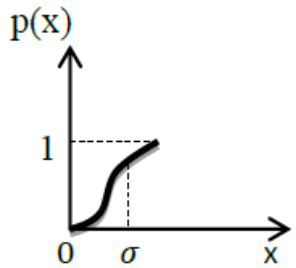
2.6 PROMETHEE

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations) yöntemi çok kriterli karar verme tekniklerindendir. Kısmi önceliklendirme imkanı sunan PROMETHEE I ve net önceliklendirme imkanı sunan PROMETHEE II yöntemleri 1982 yılında Jean Pierre Brans tarafından geliştirilmiştir. Aynı yıl ilk defa R. Nadau ve M. Landry tarafından Kanada'da bulunan Laval üniversitesinde sunulmuştur. Birkaç yıl sonra J.P.Brans ve Bertrand Mareschal tarafından aralıklı sıralama yapan PROMETHEE III ve devamlı sıralama yapan PROMETHEE IV metodları geliştirilmiştir.1988'de Brans ve Mareschal PROMETHEE metodunu görsel olarak destekleyen GAIA görsel interaktif sunumunu önermişlerdir.1992 ve 1994 yıllarında ise PROMETHEE V yöntemi ile PROMETHEE VI yöntemleri aynı bilim insanları tarafından geliştirilmiştir. PROMETHEE V parçalara ayrılmış kısıtları içeren birçok kriterli karar verme yöntemi iken PROMETHEE VI insan beynini simgeler. (Brans and Mareschal,2005)

Birçok başarılı uygulamaya sahip yöntem birçok alanda uygulanabilir. Bu alanlara bankacılık, endüstriyel yerleşim, iş gücü planlaması, su kaynakları, yatırım, tıp, kimya, sağlık, turizm gibi alanlar örnek verilebilir. (Brans and Mareschal, 2005)

PROMETHEE yönteminde diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi birçok birbiriyle çelişen kriter ve bu kriterle uygun olarak en iyi seçimin yapılmak istenen bir alternatif kümesi vardır. Bu seçimi yapabilmek için bir tercih fonksiyonu belirlenmelidir. Temel olarak 6 tane tercih fonksiyonu vardır. Bunlar; olağan, U tipi, V tipi, seviyeli, lineer (doğrusal) ve Gaussian fonksiyonlarıdır.

Tablo 2.3 Tercih Fonksiyonları

Tip	Parametreler	Fonksiyon	Grafik
Birinci Tip (Olağan)	-	$p(x) = \begin{cases} 0, x \leq 0 \\ 1, x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip (U-tipi)	1	$p(x) = \begin{cases} 0, x \leq 1 \\ 1, x > 1 \end{cases}$	
Üçüncü Tip (V-tipi)	M	$p(x) = \begin{cases} x/m, x \leq m \\ 1, \quad x > m \end{cases}$	
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	$p(x) = \begin{cases} 0, x \leq s \\ (x - s)/r, s < x \leq s + r \\ 1, x > s + r \end{cases}$	
Altıncı Tip (Gaussian)	Σ	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x \geq 0 \end{cases}$	

2.6.1. PROMETHEE Uygulama Adımları

Bu yöntem 7 adımdan oluşmaktadır.

Adım 1: Öncelikle karar vericinin alternatifleri belirlemesi gerekmektedir. Daha sonra alternatiflerin sahip olması gereken kriterler belirlenir ve kriterlerin önem dereceleri tespit edilerek sayısal atamalar yapılır.

Belirlenen alternatifler, kriterler, kriter ağırlıkları ve alternatiflerin ilgili kriterlere göre aldığı değerler bir veri matrisinde tablo haline getirilir. Oluşturulacak veri matrisinde $w=(w_1,w_2,\ldots,w_k)$ ağırlıkları , $c=(f_1,f_2,\ldots,f_k)$ kriterleri , A=(a,b,c,…) değerlendirilen alternatifleri temsil etmektedir.

Tablo 2.4 Veri Matrisi

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

Adım 2: Kriterler için tercih fonksiyonları belirlenir. Yöntemin uygulanmasında 6 farklı tercih fonksiyonu olduğu önceden belirtilmişti.

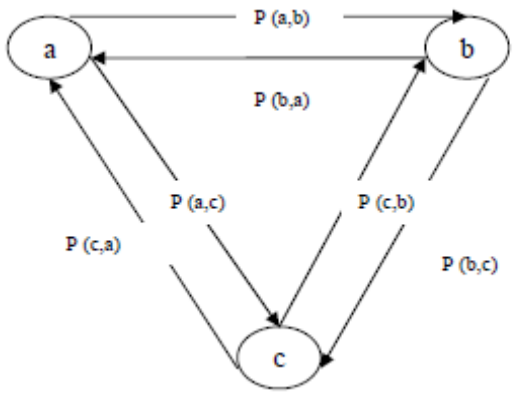
Adım 3: Tercih fonksiyonları dikkate alınarak alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir. a, b alternatifleri için ortak tercih fonksiyonu şöyledir:

$$P(a,b) = \begin{cases} 0, & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a), f(b)], & f(a) > f(b) \end{cases} \tag{2.23}$$

$$p[f(a), f(b)] = P(x) \tag{2.24}$$

$$P(x) = f(a) - f(b) \tag{2.25}$$

Ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterimi ise şu şekildedir:



Şekil 2.3 Tercih Fonksiyonlarının Şematik Gösterimi

Adım 4: Belirlenen ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir. Alternatif kümesinde w_i *(i=1,2,…,k)* ağırlığına sahip k kriter ile değerlendirilen a ve b alternatiflerinin tercih indeksleri şu şekilde hesaplanır:

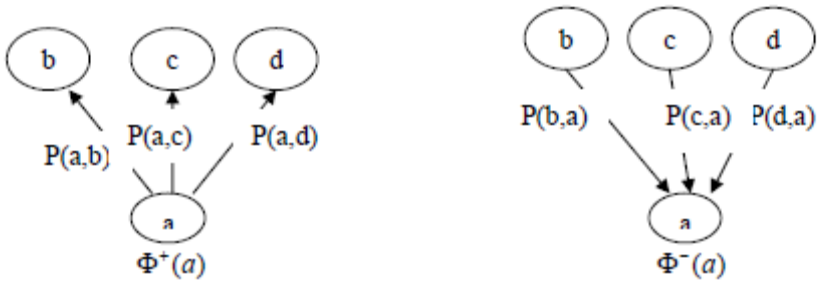
$$\pi(a,b) = \frac{\sum_{i=1}^{k} w_i x P_i(a,b)}{\sum_{i=1}^{k} w_i} \tag{2.26}$$

Adım 5: Alternatifler için pozitif (ϕ^+) ve negatif (ϕ^-) üstünlükler belirlenir. Pozitif ve negatif üstünlük şu şekilde belirlenir:

$$\phi^+(a) = \sum \pi(a,x) \qquad x = (b,c,d,\dots) \tag{2.27}$$

$$\phi^-(a) = \sum \pi(x,a) \qquad x = (b,c,d,\dots) \tag{2.28}$$

a alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük şu şekilde gösterilir:



Şekil 2.4 Pozitif ve Negatif Üstünlük Şematik Gösterimi

Adım 6: Bu adımda PROMETHEE I ile kısmi öncelikler belirlenir. Kısmi öncelikler alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarını, birbirinden farksız

alternatifleri ve birbirleriyle karşılaştırılamayacak alternatiflerin belirlenmesini sağlar. a ve b gibi herhangi iki alternatifin kısmi öncelikleri şu şekilde belirlenir:

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

$$\phi^{+}(a) > \phi^{+}(b) \quad ve \quad \phi^{-}(a) < \phi^{-}(b)$$

$$\phi^{+}(a) > \phi^{+}(b) \quad ve \quad \phi^{-}(a) = \phi^{-}(b)$$

$$\phi^{+}(a) = \phi^{+}(b) \quad ve \quad \phi^{-}(a) < \phi^{-}(b) \tag{2.29}$$

Aşağıdaki koşul sağlanıyorsa a alternatifi b'den farksızdır.

$$\phi^{+}(a) = \phi^{+}(b) \quad ve \quad \phi^{-}(a) = \phi^{-}(b) \tag{2.30}$$

Aşağıdaki koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa a alternatifi b alternatifi ile karşılaştırılamaz

$$\phi^{+}(a) > \phi^{+}(b) \quad ve \quad \phi^{-}(a) > \phi^{-}(b)$$

$$\phi^{+}(a) < \phi^{+}(b) \quad ve \quad \phi^{-}(a) < \phi^{-}(b) \tag{2.31}$$

Adım 7: Bu adımda PROMETHEE II ile alternatiflerin tam öncelikleri hesaplanır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek tam sıralama belirlenmiş olur.

$$\phi(a) = \phi^{+}(a) - \phi^{-}(a) \tag{2.32}$$

a ve b gibi iki alternatif için hesaplanan tam öncelik değeri hesaplanan tam öncelik değerine bağlı olarak aşağıdaki kararlar alınır:

$\phi(a)>\phi(b)$ ise a alternatifi b'den üstündür.

$\phi(a)=\phi(b)$ ise a b'den farksızdır

3.LİTERATÜR TARAMASI

Alternatif seçenekler arasında karar vermede kullanılan AHP ,TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle ilgili literatürde çok fazla çalışma bulunmaktadır. Çalışmada veri tabanlarında bulunan makalelerin yanı sıra daha önce yapılmış tezlere de yer verilmiştir.

Güven MURAT ve Nermin ÇELİK "Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Otel İşletmelerinde Hizmet Kalitesini Değerlendirme: Bartın Örneği" adlı çalışmasında Bartın ilinde faaliyet gösteren turizm işletme belgeli üç yıldızlı oteller hizmet kalitesi açısından incelenmiştir. Karar verme yaklaşımlarından olan AHP ile oteller karşılaştırmalı olarak incelenerek en iyi otel alternatifi tespit edilmiştir.

Metin DAĞDEVİREN, Diyar AKAY ve Mustafa KURT "İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması" adlı çalışmasında bir işletmedeki iş değerlendirme sürecinde çok kriterli karar verme tekniklerinden birisi olan AHP yönteminin kullanımı gösterilmiştir. MESS tarafından belirlenen iş değerlendirme faktör ve alt faktörleri AHP ağırlıklandırılmış ve 1000 toplam puan varsayımıyla faktör ve alt faktör puanları AHP ağırlıklarına göre belirlenmiştir. Belirlenen alt faktör puanları faktör derecelerine dağıtılırken Liberatore tarafından geliştirilen 5 noktalı değer skalası kullanılmış ve faktör derece puanları bu skala değerlerinin en iyi değere oranlanmasıyla belirlenmiştir. Bu işlemler sonucu elde edilen faktör derece puanları planı temizlik işçiliği, bobinaj bağlantı işçiliği ve balans tezgahı işçiliği uygulanmıştır. Böylelikle bu yöntemin uygulanabilirliği ve esnekliği gösterilmiştir.

Ayşe OĞUZLAR "Analitik Hiyerarşi Süreci İle Müşteri Şikâyetlerinin Analizi" adlı çalışmasında otomobillerle ilgili en fazla şikâyet edilen problemleri analiz etmeye çalışmıştır. Verileri sikayetvar.com adlı web sitesinin veri tabanından elde etmiştir. Otomobiller Avrupa orjinli Uzakdoğu orjinli ve ABD orjinli olmak üzere üç ana kategoride incelemiştir. Uygulamada Expert Choice paket programından yararlanmıştır. Sonuç olarak Avrupa orjinli otomobillerin ABD ve Uzakdoğu orjinli otomobillerden daha sorunlu olduğunu ortaya koymuştur.

Hande SEZER ve Ömür Y. SAATÇİOĞLU "Düzenli Hat Taşımacılığında Nakliye Müteahhidinin Gemi Operatörü Seçimine Çok Kriterli Karar Destek

Yaklaşımı" adlı makalesinde ele alınan problem karar verici olarak nakliye müteahhitlerinin çok yönlü olan aracılık sürecindeki gemi operatörü seçiminde, seçim kriterlerinin oluşturulması ve seçim kararı için karar destek modellerinden yararlanmasıdır. Bu amaçla İzmir'de faaliyet gösteren nakliye müteahhitleriyle görüşme yapılarak gemi operatörü seçimi sürecindeki kriterler ortaya konmaya çalışılmış ve bu kriterlerin karar destek sistemlerinde veri olarak kullanılması ve kriterlerin ağırlıklarının ortaya konması amaçlanmıştır. Ortaya konan kriterler ve ağırlıkları ışığında bir nakliye müteahhidi ile gerçek bir problem ortaya konarak AHP, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri uygulanmış ve karar verme süreci tamamlanmıştır.

Mustafa SOBA'nın "PROMETHEE Yöntemi Kullanılarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi Ve Bir Uygulama" adlı makalesinde PROMETHEE yöntemi aynı sınıftan altı farklı panelvan otomobil seçimi için fiyat, yakıt, maksimum hız ,güvenlik, beygir gücü ve performans kriterleri kullanılarak uygulanmıştır. Problem Decision Lab programı yardımıyla analiz edilmiştir.

Nihan ÖZGÜVEN'in "PROMETHEE Sıralama Yöntemi İle Özel Alışveriş Siteleri Üzerine Bir Araştırma" adlı makalesinde PROMETHEE yönteminin pazarlama alanında uygulanması gösterilmektedir. Çalışmanın kapsamında üç (A,B ve C) özel alışveriş sitesi altı kriter (teslimat süresi, kampanya geçerlilik süresi, indirim çekleri, taksit imkanı, güncel kampanya sayısı, kampanyalı kredi kartı sayısı) açısından senaryolaştırılmış ve PROMETHEE programı ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuca göre tüketicinin C firmasını tercih etmesi gerektiği ortaya konmuştur.

Aliye Ayça SUPÇİLLER ve Ozan ÇAPRAZ'ın "AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması" adlı makalesinde oluklu mukavva kutu üreticisi bir firma için önemli bir maliyet unsuru olan ve üretimde büyük miktarda girdi olarak kullanılan kağıt tedarikçilerinin seçilmesi için bir dizi işlem yapılmıştır. AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte bir işletmeye en uygun tedarikçilerin seçilmesi amacıyla uygulanmıştır. Literatür incelendiğinde yaygın olarak kullanıldığı tespit edilen kalite maliyet teslimat ve hizmet kriterleri ana kriterler olarak belirlenmiştir ve bunların alt kriterleri tanımlanmıştır. AHP yöntemi ana kriterler ve alt kriterlerin önem derecesinin belirlenmesi için TOPSIS yöntemi ise tedarikçilerin sıralanması için kullanılmıştır. Çalışma sonunda en önemli kriter "kalite" olarak belirlenmiş ve

işletmenin mevcut tedarikçileri arasında "A2 tedarikçisi" en yüksek puana sahip tedarikçi olarak seçilmiştir.

Bahar ÖZYÖRÜK ve Evren Can ÖZCAN 'ın "Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek" isimli makalesinde tedarik zinciri yönetimi ve tedarik zinciri incelenmiş, tedarikçi seçimi kararı verilirken dikkat edilmesi gereken kriterlere değinilmiştir. Tedarikçi seçiminde AHP yönteminden nasıl yararlanılacağı anlatılıp otomotiv faaliyet gösteren bir firmada uygulama yapılmıştır.

Mesiha SAAT'in "Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi" adlı makalesinde analitik hiyerarşi yöntemi ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Çalışmada öncelikle karar verme süreci aşamalarından bahsedilmiş, daha sonra AHP'nin dört temel aksiyomu ele alınmıştır. Ardından hiyerarşi tasarımı ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bir sonraki adım olan hiyerarşinin değerlendirilmesi kısmında ise göreli önem ölçeğinden başlanarak tutarlık oranı gibi birçok kavram ele alınmıştır. Bu aşamalar bir ailenin ev seçimi uygulamasıyla örneklendirilmiştir.

Cihat GÜNDEN ve Bülent MİRAN'ın "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çiftçi Kararlarının Analizi " adlı çalışmasında amaç olarak teknik yardım alma, planlama ve kayıt tutma gibi konularda çiftçilerin karar öncelikleri ve bu konularda yardım almak istediği kurumların tercih dereceleri bulanık AHP ile belirlemektir. Karar öncelikleri incelendiğinde planlama ilk sırayı almaktadır. Çiftçilerin yardım almak istediği öncelikli kurum ise üniversitelerdir.

Thomas L. SAATY 'nin "Decision Making With The Analytic Hierarchy Process" adlı makalesinde giriş olarak karar vermenin önemi üzerinde durulmuştur. Daha sonra birden fazla kriter ve alt kriter içeren kararların doğru olabilmesi için matematiğe ihtiyaç duyulduğundan bahsetmiş ve bunun AHP ile mümkün olabileceğini dile getirmiştir. Bu kısımda karar verme sürecinde hiyerarşinin nasıl oluşturulacağı ele alınmıştır. Daha sonra göreli önem ölçeğinden bahsedilmiş ve ABD de hangi içeceğin daha çok tüketildiği örneği üzerinde uygulanmıştır. Daha sonraki bölümde ikili karşılaştırma matrisleri anlatılmış örneklendirme burada da devam etmiştir. Sonuç bölümünde AHP yönteminin hangi kurumlarda ne amaçla kullanıldığından bahsedilmiştir.

Ergün ERASLAN ve Onur ALGÜN'ün "İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı" adlı çalışmanın ilk bölümünde performans değerlendirme sistemi, yöntemleri ve bu yöntemlerin avantajları dezavantajları üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde analitik hiyerarşi yönteminin yapısı, genel kullanım alanları, sağladığı avantajlar ve performans değerlendirme yöntemlerini incelemek için oluşturulan ölçütler ve alternatifler anlatılmıştır. Son bölümde ise AHP ile incelenen performans değerlendirme yöntemlerinde ideal bir performans değerlendirme formu tasarımını adımları ve yeni oluşturulan performans değerlendirme formu verilmiştir.

Yusuf Tansel İÇ ve Mustafa YURDAKUL'un "Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemini Kullanan Bir Kredi Değerlendirme Sistemi" adlı çalışmasında bankalar için bir kredi değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Çalışmada literatürde mevcut ve patikte kullanılan mali tahlil esasları ağırlıklı olmak üzere, firmaların "sübjektif kredi değerliliği, faaliyet gösterdikleri sektörün durumu ve kredi teminatları " gibi nitel ve nicel faktörleri birlikte değerlendiren ve genel bir kredi puanı ile sonucu ifade eden model oluşturulmuştur. Bu süreçte AHP yönteminden faydalanılmıştır

Murat TOKSARI'nın "Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Mobilya Sektörü İçin Ege Bölgesi'nde Hedef Pazarın Belirlenmesi" adlı çalışmasında Ege Bölgesinde mobilya sektörü için hedef pazarın belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, bütün alternatif ve kriterler arasındaki ve kendi içlerindeki ilişkileri nicel ifadelerle tanımlayan ve sonuç olarak alternatif pazarlar içinde kriterleri en iyi olan alternatifi veren yöntem olarak AHP seçilmiştir. İlgili çalışmada karar vericilerin amaçları doğrultusunda beş ana kriter belirlenmiştir. Bu kriterler rekabet, bölgenin satış hacmi, bölgenin büyüme potansiyeli, dağıtım imkanları ve kar potansiyelidir. Bu beş ana kritere dört alternatif pazar değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamaya göre en uygun hedef pazarın İzmir ve Manisa çevresi olduğuna karar verilmiştir.

İbrahim GÜNGÖR ve Didar Büyüker İŞLER'in "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi" adlı çalışmasında otomobil seçimi problemine AHP ile çözüm önerisi sunulmuştur.Uygulama yapmak için alternatif seçimi belli bir fiyat aralığında ve tüketicinin beğenisini kazanmış modeller arasından yapılmıştır.Bu alternatifler dokuz ana kritere göre değerlendirilmiştir.Bu kriterler fiyat, ikinci el fiyatı, yakıt tüketimi, 0-100 km'de hızlanması, konfor, güvenlik, bakım maliyeti, genişlik ve

sevgi derecesidir. Seçilen sekiz alternatif dokuz ana kritere göre değerlendirilmiş ve en uygun çözüme ulaşılmıştır.

Esma CANHASİ'nin "Analitik Hiyerarşi Süreci" adlı tezinde AHP yönteminin teorisi, kullanım alanları ve uygulamasına yer verilmiştir. Çalışmanın ilk üç bölümü AHP yönteminin teorik anlatımından oluşmaktadır. Son kısımda ise Kosova'daki öğrencilerim GSM operatörü seçiminin AHP ile belirlenmesi uygulamasına yer verilmiştir. İki GSM operatörünün öğrenci abonelerine anket yapılmış ve bu şekilde öğrencilerin GSM operatörü tercih edilme sıralaması belirlenmek istenmiştir.

Bülent ALBAYRAK'ın "Gemilerde Ana Makine Olarak Kullanılan Dizel Motorları Ve Bu Konudaki Gelişmelerin İncelenmesi" adlı tezinde motorlu gemilerin ana makinelerinin işletilmesi üzerinde durulmuştur. Gemilerde ana makine olarak kullanılan dizel makinelerin önceden planlanmış genel bakım süreleri içinde operatörsüz bir makine dairesinde güvenli ve sürekli çalıştırabilmesinin önemi üzerinde durulmuştur. İstenilen şartlara uygun makine geliştirilmesi ile teknik bilgi verilmiştir.

Engin HERİŞÇAKAR'ın "Gemi Ana Makine Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulanması" çalışmasında karar verme yöntemleri kullanılarak ana makine seçimini daha çözülür hale getirebilecek bir model kurulması hedeflenmiştir. Kriterler aynı konuda çalışma yapan bir yüksek lisans öğrencisinin yaptığı anket yardımıyla türetilmiştir. Bu kriterler maliyetin en az olması, bakım ve tutumun kolay yapılması ve çevre için belirlenmiş kural ve kaidelere uygun olmasıdır. Alternatiflerin belirlenmesi ise belli bir gemi projesine göre yapılmıştır. Toplam altı model üzerinden değerlendirme yapılmıştır. AHP ve SMART yöntemleri uygulanarak çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çıkan sonuçlar hemen hemen aynıdır. Fakat bu sonucun bu çalışma için böyle olduğu genelleme yapılamayacağı belirtilmiştir.

4.GEMİ ANA MAKİNELERİ

Gemi inşada ana makine, ister içten yanmalı olsun ister buhar makinesi olsun, pervane görevi yapan ya da pervaneyi çeviren makinelere denir. Küçük botlardan büyük tonajlı yolcu ve yük gemilerine kadar türlü güçlerde makineler ana makine olarak adlandırılır.(Küçükşahin,2000)

Ele aldığımız proje, balıkçı gemisi projesi olduğu için ana makineden kastımız dizel motorlardır.

4.1. Dizel motorları

Dizel motorları bir tür içten yanmalı makine olup yakıtın kimyasal enerjisi silindirler içinde doğrudan mekanik enerjiye çevrilir. Birkaç beygir gücünden 85bin beygirgücüne kadar yapılmakta olan bu motorlar günümüzün en yüksek verimli ısı makineleridir. Bu makineler elektrik enerjisi üretmek üzere termik santrallerde, kara taşımacılığı alanında dizel lokomotif, kamyon, TIR , otobüslerde ve gemi enerji tesislerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. (Küçükşahin,2008)

Günümüzde dizel motorları veya sıkıştırma ve yanmalı makineler; deniz ,yol, yapım, orman, tarım alanları ve kara taşımacılığı yapan araçlarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Dizel motorların bu kadar yaygın kullanılma sebebi özgül yakıt harcamalarının çok düşük oluşu, az sayıda işletmeci personel gerektirmesi, manevra yeteneklerinin ve genel verimlerinin çok yüksek olmasıdır. Dizel motorlarının isim babası Alman Prof. Rudolf Diesel 1892 yılında ilk makinesini yaptı fakat başarılı olamadı.Daha sonra MAN firmasıyla yaptığı anlaşma sonucu daha iyi bir makine geliştirildi ve bundan sonra bu makinelere "diesel motorları" denilmeye başlandı.(Küçükşahin, 2000)

Dizel motorların büyük bir yüzdesi motorin adı da verilen "Diesel Oil" veya "Marine Diesel Oil" ile çalışmaktadır. Ancak son yıllarda "Bunker C" veya "Fuel Oil" de ucuz oluşları nedeniyle giderek artan oranda ağır devirli ve yüksek güçlü gemi dizel makinelerinde kullanılmaktadır. (Küçükşahin, 2008)

4.1.1. Dizel Motorların Tarihçesi

İlk içten yanmalı makine 1794 yılında İngiliz bilim adamı Street tarafından icat edilmiştir. Street'in yaptığı makine ters çevrilmiş bir silindir ile hareketli bir

pistondan oluşmuştur. Bu makinede yakacak olarak "Terebentin Esansı" kullanılmakta ve yanmayı sağlayacak havayı silindire emebilmek veya çekebilmek için piston bir levye yardımıyla hareket ettirilmekteydi. Street'in bu makinesinde silindirler silindir ceketinde dolaştırılan su ile soğutulmaktaydı.

1824 yılında içten yanmalı makinelerin özellikle dizel motorların çalışma ilkeleri Fransız mühendis Nicholas Leonard Sadi Carnot (1796-1832) tarafından ortaya konulmuştur.

1860 yılında Lenoir tarafından ilk ticari içten yanmalı makine yapılmıştır. Bu makinede hava yakıt karışımı piston tarafından makine içine çekilmekte ve bu karışım elektrik kıvılcımı tarafından ateşlenmekte, piston alt ölü noktasına veya strokunun sonuna doğru itilmekte ve egzoz gazları dönüş strokuyla atılmaktaydı. Lenoir'in makinesi düzgün çalışmasına rağmen %4 gibi küçük bir verime sahipti.

1862'de Beau De Roches içten yanmalı makinelerin ısıl verimlerinin yükseltilmesiyle alakalı bazı teoriler ortaya atmıştır.

1876'da Otto Langen'in işbirliği sonucu çok büyük hacimli "Serbest pistonlu" bir makine yapmışlardır.Bu makinenin ısıl verimi %12 dolaylarındadır.Ayrıca 1876'da Otto çalışma ilkeleri Beau De Roches tarafından ortaya konan dört stroklu makineyi yaptı.Bu makine günümüz benzinli motorlarına benzemektedir.

1890 yılında Ackroyd-Stuart tarafından "Patlayıcı bir karışımın yanıcı buharlarının veya hava ile benzin karışımının Çok erken yanmasına engel olmak için , sürekli bir kıvılcım veya iyice ısıtılmış bir ateşleme kafası şeklinde ve silindir içi bağlantısı buluna sürekli bir ateşleyiciye gerek vardır." Buluşunu içine alan bir patent alınmıştır.

1892 yılında Prof. Rudolf Diesel tarafından havanın belli oranda sıkıştırılması sonucu oluşan sıcaklığın, yakıtın tutuşma sıcaklığından yüksek olduğu ilk makinenin patenti alınmıştır. Bu makine 1895 de geliştirilerek tam başarı sağlanmıştır. Bu makinenin ısıl verimi %24'tür.Sonradan yapılan makineler çalışma prensibi bakımından farklı özelliklere sahip olsalar da daha sonraki bütün makinelere "Dizel Motoru" adı verilmiştir. (Küçükşahin, 1999)

1936 yılında tüm yerkürede 6 milyon beygir gücünde dizel motoru kullanılmakta iken bu miktar 1947 yılında askeri amaçlarla kullanılanlarla birlikte 85bin hp ye yükseldi. 1956 yılında 20 milyon beygir gücünde dizel motoru yapımı gerçekleştirildi. 1964 yılında 2 bin dedveyt tondan büyük olmak üzere 582 gemiye yaklaşık olarak 5 milyon beygirgücünde makine yerleştirildi. 1980 yılında sadece ticaret gemilerine uygulanan dizel motorların gücü yaklaşık olarak 15 milyon beygirgücüne ulaştı.Son yıllarda büyük tonajlı tankerler, dökmeciler, sıvılaştırılmış petrol gazı ve doğalgaz taşıyan tankerlerle konteyner gemilerinin bir bölümü ve gaz türbinli gemiler istisna edilirse, tüm ticaret gemilerine ana ve yardımcı dizel makinelerle donatılmaktadır. (Küçükşahin,2008)

4.1.2.Dizel makinelerin sınıflandırılması

Dizel makineleri :

1. Yakılan yakıt türüne göre

2. Çalışma ilkelerine veya kuramsal çevrimlerine göre

3. Silindir dizilişlerine göre

4.Piston türlerine göre

5.Güç etkilerine göre

6. Yakıt püskürtme yöntemlerine

7.Yanma özelliğine göre

8.Yanma odası şekline göre

9.Yakıtı tutuşturma yöntemlerine

10.İş çevrimlerine göre

11.Piston ortalama hızına göre

12.Devir sayısına göre

Sınıflandırılır. (Küçükşahin,1999)

4.1.2.1. Yakılan Yakıt Türüne Göre Sınıflandırma

Yakıt karışımın sıkıştırılması ve havanın sıkıştırılmasına göre ikiye ayrılır.

Yakıt karışımının sıkıştırılması ikiye ayrılır. Bunlar karbüratörlü makineler ve karıştırma valfli makinelerdir. Karbüratörlü makineler benzin ,kerosen ,alkol vb. çabuk buharlaşan sıvı yakıtlarla çalışırlar. Karıştırma valfli makineler ise doğal gazlarla çalışan makinelerdir.

Havanın sıkıştırılmasına göre üçe ayrılır. Bunlar yağ makineleri, çift yakıtlı makineler ve üç yakıtlı makinelerdir. Yağ makineleri diesel oil, marine diesel oil, gas oil, bunker C gibi yakıtlarla çalışır. Çift yakıtlı makineler sıvı ve gaz yakıtlarla veya sadece sıvı yakıtlarla da çalışabilen makinelerdir. Üç yakıtlı makineler hem çift yakıtlı makine prensibinde hem de %100 gaz yakıtla çalışabilen makinelerdir.

4.1.2.2.Çalışma İlkelerine Göre Sınıflandırma

Gemi dizel makineler çalışma ilkelerine göre dört stroklu ve iki stroklu olmak üzere iki sınıfa ayrılır. İki stroklu dizel makinelerinde tüm olay krank milinin bir devrinde veya pistonun iki strokunda ya da 360 derecelik krank açısında oluşturulur. Dört stroklu dizel makinelerinde ise tüm olay krank milinin iki devrinde veya pistonun dört strokunda ya da 720 derecelik krank açısında meydana gelir.

İki stroklu ve dört stroklu makine arasındaki fark; silindirlerin temiz hava ile doldurulması ve egzoz gazlarının silindirden atılması yöntemlerindendir. Dört stroklu makinede bu olay piston tarafından ve valfların da yardımıyla emme ve egzoz stroklarından sağlanmaktadır. İki stroklu dizel motorlarında ise hava ,pistonun denetlediği veya açıp kapadığı süpürme portlarından silindire verilir ve iş görmüş gazlar ise yine pistonların denetlediği egzoz portlarından silindir dışına atılır. (Küçükşahin,1999)

4.1.2.3.Silindir Dizilişlerine Göre Sınıflandırma

Dizel motorları silindir dizilişleri bakımından sıra makineler, dikey makineler, yatay makineler, V makineler ,X makineler ,yıldız makineler ,H makineler ,karşıt silindirli ve karşıt pistonlu makineler, deltik(üçgen) veya delta makineler, diamond makineler olmak üzere sınıflandırılır.

4.1.2.4 Piston Motorlarına Göre Sınıflandırma

Dizel motorları piston türüne veya pistonların krankşafta bağlanış biçimine göre trank pistonlu ve kroshetli makineler olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Trank pistonlu makinelerde işin üretilmesini sağlayan pistonlar konnektin rot yardımıyla doğrudan krankşafta bağlanmışlardır. Kroshetli makinelerde ise pistonlar ; piston rot , kroshet ve sliperi ve konnektin rot yardımıyla krankşafta bağlanmaktadır.

4.1.2.5 Güç Etkisine Göre Sınıflandırma

Dizel makineleri güç etkisine göre tek etkili ve çift etkili olmak üzere ikiye ayrılır. Tek etkili makinelerde pistonun sadece bir yüzünde iş çevrimi oluşturulan veya güç üretilir. Çift etkili makinede ise pistonun iki yüzünde de iş çevrimi oluşturulur.

4.1.2.6Yakıt Püskürtme Yöntemlerine Göre Sınıflandırma

Dizel makineleri yakıt püskürtme yöntemlerine göre hava ile püskürtme ve havasız püskürtme olmak üzere ikiye ayrılır. Hava ile püskürtmeli makineler çok yer kaplaması ve enerji verimliliği açısından faydalı olmadığı için günümüzde kullanılmamaktadır.

4.1.2.7 Yanma Özelliğine Göre Sınıflandırma

Yanma özelliğine göre dizel makineler sabit hacimde yanmalı, sabit basınçta yanmalı ve karışık çevrimli olmak üzere üçe ayrılır. Sabit hacimli makinelerde yanma sabit hacimde olur. Bu makinelere Otto makineleri de denir. Sabit basınçta yanmalı makinelerde ise yanma sabit basınçta meydana gelir. Yakıtın silindirlere basınçlı hava ile püskürtüldüğü makineler sabit basınçta yanmalı çevrim ile çalışır. Karışık çevrim ise hidrolik ve solid püskürtme uygulanan modern dizel makinelerin çevrimidir. Bu çevrim Sabathé veya Seiliger çevrimi adlarını da alır.

4.1.2.8 Yanma Odası Şekline Göre Sınıflandırma

Yanma odası şekline göre sınıflandırmada dizel motorları açık veya ana yanma odalı, ön yanma odalı ve hava hücreli olmak üzere üçe ayrılır. Açık yanma odalı makinelerde yakıt doğrudan silindir yanma odasına püskürtülür. Ön yanma odalı makinelerde yakıt silindir başlığından bulunan ön yanma odasına püskürtülür. Hava hücreli makinelerde ise yakıt püskürtülmesi piston kafası veya silindir kaveri iyi bir türbülans sağlaması nedeniyle türlü şekillerde yapılır.

4.1.2.9 Yakıtı Tutuşturma Özelliğine Göre Sınıflandırma

Yakıt tutuşturma özelliğine göre dizel motorları tutuşturuculu (buji,kızma kafa,vb) , sıkıştırma ile yanmalı ve pilotlu yanmalı olmak üzere üçe ayrılır.

4.1.2.10 İş Çevrimlerine Göre Sınıflandırma

İş çevrimlerine göre dizel motorları Sabathé çevrimine göre çalışan makineler ve Otto çevrimine göre çalışan makineler şeklinde ikiye ayrılır. Tüm hidrolik püskürtmeli dizel makineleri Sabathé çevrimine göre çalışan makineler sınıfına girer. Hafif yakıtlarla çalışan tüm karbüratörlü makinelerle kızma kafalı makineler ise Otto çevrimine göre çalışan makineler sınıfına girer.

4.1.2.11 Piston Ortalama Hızına Göre Sınıflandırma

Dizel motorları piston ortalama hızına göre alçak hızlı, orta hızlı ve yüksek hızlı olmak üzere üçe ayrılır. Alçak hızlı makineler piston ortalama hızı 6,5 m/sn ve daha küçük olan makinelerdir. Orta hızlı makineler ise piston ortalama hızı 8,5 m/sn veya daha yüksek olan makinelerdir. Yüksek hızlı makinelerde de piston ortalama hızı 8,5 m/sn veya daha yüksek olan makinelerdir.

4.1.2.12 Devir Sayısına Göre Sınıflandırma

Devir sayısına göre dizel motorlarını ağır devirli, orta devirli, yüksek devirli ve süper yüksek devirli olmak üzere dörde ayrılır. Ağır devirli makineler devir sayısı 400 rpm e kadar olan makinelerdir. Orta Devirli Makineler devir sayıları 400-1000 rpm arasında olan makinelerdir. Yüksek Devirli Makineler devir sayıları 1000-2000 rpm arasında olan makinelerdir. Süper Yüksek Devirli Makineler ise devir sayıları 2000 veya daha yüksek olan makinelerdir.

5.DOĞRU AKIM JENERATÖRLER

5.1. Jeneratörlerin Çalışma İlkesi

Elektrik jeneratörleri birer makine olup mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirirler. Böyle bir makine kuvvetli bir manyetik alan içinde dönen bakır iletkenlerden oluşur. Doğru akım makinelerinde alan sabit, iletkenler hareketlidir. Alternatif akım jeneratörlerinde ise iletkenler sabit alan ise hareketlidir. Her iki durumda da manyetik alanın kuvvet çizgileri kesilir ve iletkenlerde gerilim üretilir. İletkenler bir devre şeklinde düzenlendiğinden gerilim aynı yönde üretilir. Devre kapalı olduğu zaman akım oluşur ve elektrik enerjisi dış çevreden çekilebilir.

Doğru akım jeneratörlerinde elektromotor kuvvet üretimi şu şekildedir: İlmek şeklindeki tek iletkenden oluşan bobin aşağıya doğru hareket ettiği zaman , ilmeğin üst tarafı kuvvet çizgilerini keser ve ilmeğin a-b kısmında bir elektromotor kuvvet oluşur. İlmeğin geri kalan kısmında kuvvet çizgileri kesilmediği için elektromotor kuvvet(emf) üretilmez. İlmeğin a-b kısmında üretilen elektromotor kuvvet miktarı kutupların oluşturduğu kuvvet çizgilerinin kesilme miktarına bağlıdır. Eğer iletken manyetik alan etrafında hızlıca döndürülürse, oluşan emf miktarı büyür, eğer yavaş olarak döndürülürse emf miktarı küçük olur. İletken hareket etmediği zaman kuvvet çizgileri kesilmedikleri için emf sıfır olur.

5.2.Jeneratörlerin Sınıflandırılması

Doğru akım jeneratörleri seri jeneratör, şönt jeneratör ve kampavunt jeneratör olmak üzere üçe ayrılır.

5.2.1. Seri jeneratör

Bu tür jeneratörlerde alan sargısı endüvi ile seri durumdadır. "Seri sargı" adı verilen alan sargısı, kalın ve yalıtılmış bakır tellerden yapılmış olup birkaç sarım sayısındadır.

Seri jeneratörler gemilerde güç üreteci olarak kullanılmazlar. Geçmişte Amerika Birleşik Devletlerinde bu jeneratörler caddelerin aydınlatılmasında kullanılmıştır. Avrupa'da ise bu jeneratörler, yüksek gerilimli ve sabit akımlı transmisyon hatlarını beslemek için kullanılmışlardır.

Seri jeneratörlerin gemilerde kullanılmama sebebi ise; dış devreden çekilen akım çoğaldığı zaman, bu akım seri sargıdan geçtiği için, manyetik alanın kuvvetlenmesi ve gerilimin yükselmesidir. Dış devreden çekilen akım azaldığı zaman ise manyetik alan zayıflamakta ve gerilim düşmektedir.

5.2.2. Şönt Jeneratörler

Şönt jeneratörlerde alan sargıları endüvi ile paralel durumdadır. Ayrıca şönt sargıya seri olarak bir "Alan Reostası" bağlanmıştır. Reostanın görevi şönt sargıdan geçen akımı azaltıp çoğaltarak manyetik alanı ve böylelikle üretilen gerilimin sayısal değerini düzenlemektir. Eğer alan reostası yardımıyla devreye daha çok direnç sokulursa şönt sargıdan geçen akım miktarı azalır, manyetik alan zayıflar ve üretilen akımın gerilimi düşer. Bunun tersi, alan reostası yardımıyla devreye daha az direnç sokulursa, şönt sargıdan geçen akım miktarı artar, manyetik alan kuvvetlenir ve üretilen gerilim yükselir. Dış devrenin yükü arttığı veya jeneratörden çekilen akım çoğaldığı zaman, şönt jeneratörün gerilimi bir miktar düşer. Gerilimin düşme miktarını karşılamak için alan reostasına gerek vardır.

Şönt jeneratörler gemilerde akülerin veya akü bataryalarının sarj edilmesinde kullanılır. Kara taşıtlarının pek çoğunun sarj devrelerinde şönt dinamolar kullanılır. Bu uygulamada jeneratör gerilimi, sarjlı bir akünün geriliminden daha yüksektir.

5.2.3.Kampavunt Jeneratörler

Kampavunt jeneratörler iki türlü alan sargısına sahiptir. Bunlardan biri, makine terminallerinden beslenen ve endüvi ile paralel durumda olan "Şönt Sargı" ve diğer jeneratörün ürettiği akımın büyük bir bölümü tarafından beslenen "seri sargı"dır. Bu yapısı nedeniyle , seri ve şönt jeneratörlerin özelliklerini taşımaktadırlar.

Kampavunt jeneratörler şönt sargı, alan veya saha reostası, seri sargı ile paralel diverterden oluşur. Diverter düşük dirençli bir şönt olup Alman gümüşü (alpaka) veya düşük dirençli diğer malzemelerden yapılmıştır. Jeneratörün ürettiği akım kondüktanslarına göre belirli oranlarda diverter ve seri sargıda iki kola ayrılır. Diverterin direnci değiştirilerek, seri sargıdan geçen akım düzenlenebilir.

Kampavunt jeneratörler, yaklaşık olarak sabit bir gerilim sağladıkları için, ticaret gemilerinde aydınlatma ve kuvvet devrelerini, demiryolu devrelerini, endüstriyel

motorları, asansör motorlarını vb. beslemek üzere kullanılırlar.((Küçükşahin, Gemi Elektriği, 2000)

6.UYGULAMA

6.1.Araştırmanın Ana Problemi

Bu bölümde problem olarak ele aldığımız "ana makine seçimi" ve "jeneratör seçimi" durumları AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerine göre değerlendirilip seçilen projeye en uygun makineye ve jeneratöre karar verilecektir. Ana makine ve jeneratör seçiminde proje olarak Cemre tersanesinde inşa edilen Wartsila dizaynı balıkçı gemisi projesi için en uygun seçim yapılacaktır. Bu gemi 74.2 metre boya, 15.2 metre genişliğe 9.2 metre derinliğe sahiptir ve trol ve gırgır avına uygun olarak dizayn edilmiştir. Bu seçim probleminde ele alınan kriterler yapılan literatür taraması ve gemi inşa sektöründe tecrübeli mühendisler yardımıyla belirlenmiştir.

Ana makine seçiminde göz önüne alınan birçok kriter ve karşılaştırılacak birçok makine olması sebebiyle en uygun kararı vermek için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri uygulanıp çıkan sonuçların uyumluluğuna bakılacaktır.

6.2.Araştırmanın sınırları ve kapsamı

Araştırma Cemre tersanesinde inşa edilen NB 25 Wartsila dizaynı balıkçı gemisi projesiyle sınırlandırılmıştır. Verilerin bir kısmı makine ve jeneratör firmalarının internet sitelerinden fiyat gibi bir kısım veriler ise firmadan teklif yoluyla elde edilmiştir. Marka güvenirliği ve bakım masrafları kriterleri ise birden fazla durumun göz önünde bulundurularak değerlendirilmesinden dolayı 1’den 5’e kadar numaralandırılıp kategorik olarak verilendirilmiştir. Kriterler yapılan literatür taraması sonucu daha önceden kullanılan veriler ile satın almada tecrübeli mühendislere de danışılarak oluşturulmuştur. Bu kriterler 5 ana kriter ve 13 alt kriter şeklindedir.

6.3.Araştırma yöntemi

Araştırma AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle analiz edilmiştir. Bu analizde EXCEL ve Visual PROMETHEE programlarından yararlanılmıştır. Bu analizler sonucu bulunan sonuçlar birbirleriyle kıyaslanıp sonuçlar değerlendirilmiştir.

6.4.Araştırma Modelinin Belirlenmesi

Araştırma modelinin kurulabilmesi için öncelikle kriterlerin belirlenmesi gereklidir. Kriterler belirlendikten sonra ise hiyerarşi tablosu oluşturulmuştur. AHP yöntemine göre analiz edilmek istenen çalışmada karar modeli oluştururken öncelikle hiyerarşik yapının oluşturulması gereklidir. Bunun için de araştırmanın amacı, ana kriterler ve alt kriterler belirlenmelidir.

Çalışmada ele alınan kriterlerin belirlenmesinde ana makine seçimiyle ilgili yapılan çalışmalar ve sektörde tecrübeli mühendislerden yararlanılmıştır. Kriterler maliyetin en az olması, güvenilir ve teknik özellikleri iyi bir makineye sahip olmak ve inşa sonrasında yedek parça ve servis desteği en iyi makine seçimi amaçları ışığında belirlenmiştir. Bunun sonucunda 5 ana kriter ve 10 alt kriter belirlenmiştir. Hiyerarşi tablosu oluşturma aşamasında çalışmanın amacı ana makine seçimi ve jeneratör seçimi olarak belirlenmiştir. Çalışmada projeye uygun olarak inşa edilecek gemiye en uygun ana makinenin belirlenmesi ve en uygun jeneratörün belirlenmesi problemine çözüm aranmaktadır. Buna göre seçilecek ana makinede 5 ana özelliğe dikkat etmek gerekmektedir. Bu özellikler makinenin teknik özellikleri, sözleşmeye bağlı kriterleri, marka güvenirliği, işletme masrafları ve bakım masraflarıdır. Bu ana kriterlere bağlı alt kriterler ise şöyledir:

Teknik özellikler kriteri için alt kriterler güç, devir, ağırlık, hacim, klas gereklilikleri, diğer teknik yeterlik kriterleridir. Sözleşmeye bağlı kriterler için alt kriterler ilk yatırım maliyeti ve teslim süresidir. İşletme masrafları kriteri için alt kriterler yakıt tüketimi ve yağ tüketimi olarak belirlenmiştir. Araştırma literatür taraması ve sektörde uzman bir mühendis yardımıyla oluşturulmuştur. Uzman görüşü sonucu oluşturulan kriterlerin literatür taraması sonucu da desteklendiği görülmüştür. Bunun sonucunda 5 ana kriter ve 10 alt kriter oluşturulmuştur. Bu kriterlerin araştırmanın amacını ortaya koymada yeterli olacağı kanısına varılmıştır.

Jeneratör seçiminde de aynı kriterlerden yararlanılmıştır. Fakat kriterlerin ele alınış biçimlerinde farklılıklar vardır. Mesela devir sayısının fazla olması ana makine seçimi için olumlu bir durum iken jeneratör seçiminde olumsuz bir durumdur.

6.5.Ana Makine Ve Jeneratör Seçimi

Gemi inşa süreci bir çok kez birden fazla parametrenin önemli olduğu ve seçilebilecek bir çok alternatifin yer aldığı birçok karar verme işleminden oluşur. Bu kararların en önemlilerinden biri ana makine seçim sürecidir. Bunun sebebi ana makine tek başına gemi maliyetinin çok önemli bir bölümünü kapsayan ve bakım, tutum ve onarımı göz önüne alındığında tüm gemi ömür çevrim masraflarında büyük paya sahiptir. Bu yüzden en uygun ana makine alternatifinin seçilmesi büyük önem taşır. (Herişçakar, 1999)

Jeneratör ise ana makineden sonra en önemli maliyete sahip ekipmanların başında gelir. Jeneratör diğer ekipmanların çalışması için gerekli enerjiyi üretmektedir. Bu yüzden geminin enerji kaynağı diye de adlandırılabilir. Bundan dolayı en uygun jeneratör seçimi de büyük öneme sahiptir.

6.5.1. Ana Makine ve Jeneratör Seçimine Etki Eden Kriterler

Bu bölümde çalışmada ana makine seçimine etki eden kriterlere ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

6.5.1.1.Teknik Özellikler

Gemilerin dizayn aşamasında detaylı hesaplamalar ile ortaya konan özelliklerdir. Bu kriter güç, devir, ağırlık, hacim, klas gerekleri ve diğer teknik yeterlilikler olmak üzere altı ana kriterden oluşur.

Güç: Geminin makina seçiminde önemli olan bir unsurdur. Elde edilen güçle geminin istenen seyir hızını sağlayabilmesi istenir. Gemi dizel motorlarında makina gücü makinanın en fazla devamlı gücü (MCR, maximum continous rating) olarak belirtilir. Bu çalışmada güç birimi olarak Watt (W) kullanılmıştır.

Devir: Makine içinde bir dakikada gerçekleşen patlama sayısıdır.

Ağırlık: Gemi dizaynında her zaman göz önünde tutulan bir faktördür. Geminin ön dizaynının ilk safhalarında gemi ana değerlerinin saptanması için makine ağırlığının ve ağırlık dağılımının yaklaşık değerlerle bilinmesi gerekmektedir. (Herişçakar, 1999)

Hacim: Makine dairesinde kaplayacağı alanı ifade eder. Ağırlık gibi gemi ön dizaynının ilk safhalarında yaklaşık kaplayacağı hacmin bilinmesi gerekmektedir.

Klas İsterleri: Uluslararası gemi inşa kurallarına göre inşa edilecek gemilerin tüm işçilik ve ekipmanları belirlenen standarda uygun olması gerekmektedir. Bu standartları da klas kuruluşu dediğimiz bağımsız kurumlar belirlemekte ve inşa süresince rutin kontrollerini yapmaktadırlar. Bu projede üzerinde çalışılan gemi Norveçli sınıflandırma kuruluşu olan Det Norske Veritas (DNV) kurallarına göre inşa edilmiştir.

Diğer Teknik Yeterlilikler: Koruma sınıfı, başlama tipi, soğutma tipi ve egzoz emisyon derecesi ile ilgilidir. Koruma sınıfı, çevresel şartlara göre dayanıklılığını belirtir. Başlama tipi, ilk hareketinin nasıl olacağını belirtir. Bu çalışmada değerlendirilen makinelerin hepsi ilk hareketlerini basınçlı hava ile yapmaktadır. Soğutma tipi, makinenin çalışması sırasında ortaya çıkan sıcaklığın soğutucu akışkan ile azaltılmasıdır. Bu çalışmada değerlendirilen makinelerin hepsi su soğutmalıdır.

6.5.1.2 Sözleşmeye bağlı kriterler

Sözleşmeye bağlı kriterler ilk yatırım maliyeti ve teslim süresi alt kriterlerinden oluşur. İlk yatırım maliyeti; geminin ana bütçesinde önemli bir paya sahiptir. Makinenin satın alınması esnasında ödenen maliyettir. Çalışmamızda makinelerin gerçek bütçesel değerlerine göre işlem yapılmıştır. Teslim süresi; makine üreticisi ile tersane arasındaki kontratta belirtilen süredir.

6.5.1.3 Marka güvenirliği

Gemi sahibi için önemli bir kriterdir. Marka güvenirliliğini birçok faktör etkiler. Bunlardan en önemlileri ilk yatırım maliyeti, işletme masrafları (yakıt ve yağ tüketimleri, yedek parça) ve yaygın servis ağıdır. Bunlara ek olarak markanın referans projeleri güvenirliği etkileyen önemli bir faktördür.

6.5.1.4 İşletme masrafları

İşletme masrafları kriteri yakıt ve yağ tüketimi olmak üzere iki alt kriterden oluşur. Yakıt tüketimi; makinenin çalışması esnasında bir saatte tüketmiş olduğu yakıt miktarını belirtir. Yağ tüketimi; makinenin çalışması esnasında bir saatte tüketmiş olduğu yağ miktarını belirtir.

6.5.1.5 Bakım Masrafları

Bakım masrafları kriteri yedek parça temini ve servis desteği ile ilgilidir. Yedek parça temini; ihtiyaç duyulan parçaların temin ve tedarik süresini, servis desteği ise ihtiyaç halinde gerekli teknik desteğin gemiye ulaşmasını ifade eder.

6.6.Çalışmanın analizi

Bu bölümde ele alınan ana makine ve jeneratör seçim probleminde dikkat edilmesi gereken kriterlere göre uygun alternatife karar verilmesinin AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle analizi yer almaktadır.

6.6.1. AHP Uygulaması

Bu çalışmada ana makine seçimine ve jeneratör seçimine AHP uygulaması yapabilmek için gemi inşa projesi seçilmiştir. Daha sonra projeye uygun olarak ana makine ve jeneratör modelleri belirlenmiştir. Belirlenen modellerin kriterlere uygun olarak verileri gerek markaların internet sitelerinden, bu yolla elde edilemeyen veriler ise firmaların temsilcileriyle iletişime geçilerek elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler kriterlerin tercih edilme durumuna göre normalize veya ters normalize işlemlerine tabi tutularak değerlendirilmiştir.

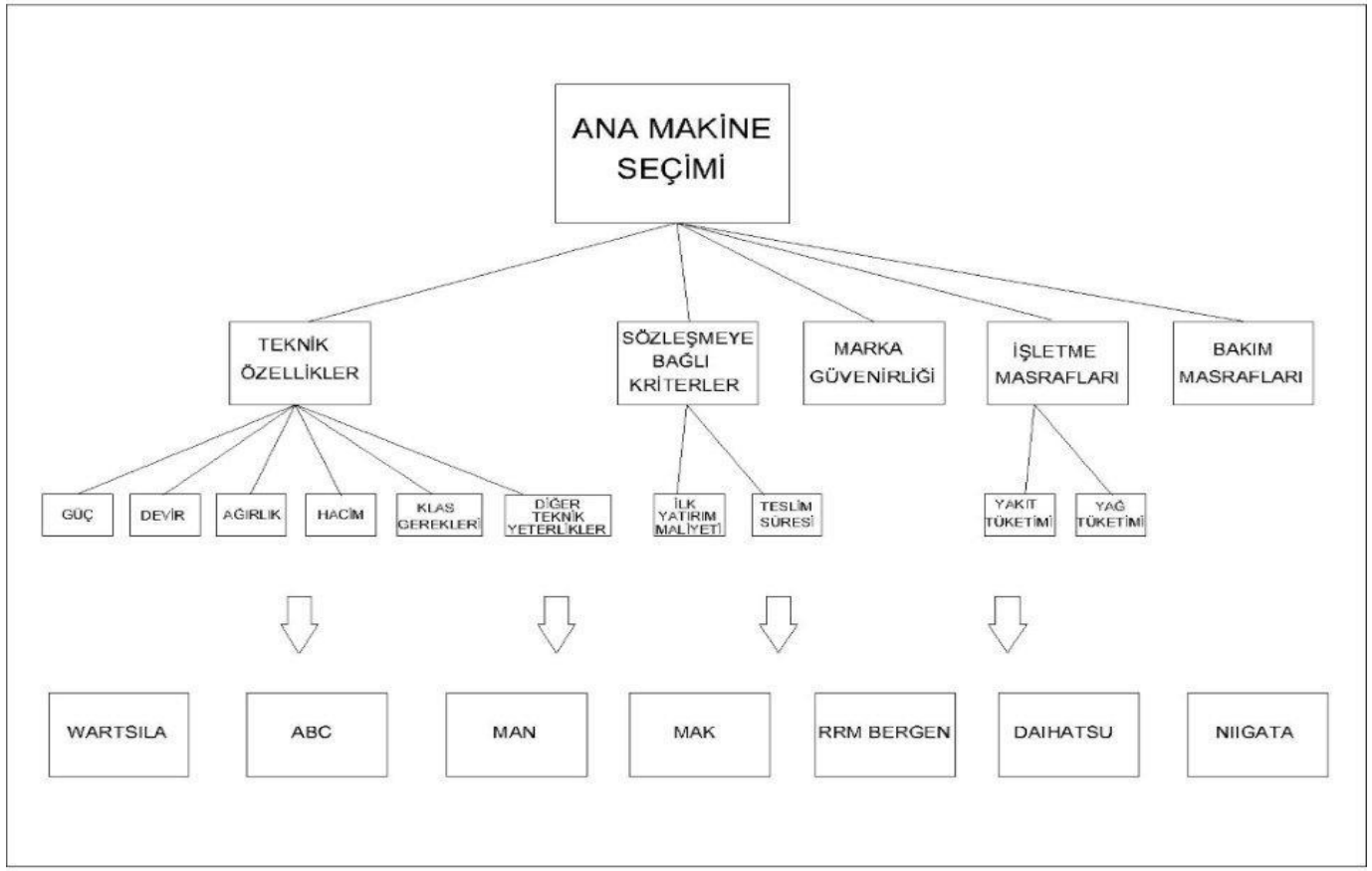
Kriterlerin değerlendirilmesi ise proje satın alma biriminde uzman mühendisler ile yapılmış ve önem sırasına dizilmiştir. Kriterler önem sırasına dizildikten sonra 1-9 sıralı ölçeğine göre ölçeklendirilip ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Oluşturulan matrislerin uyum oranına bakılıp yapılan karşılaştırmanın sağlıklı olup olmadığı belirlenmiştir. Yapılan işlemler sonucu elde edilen uyum oranının istenen aralıkta bulunması karşılaştırmanın uygun bir şekilde yapıldığı sonucuna varılmıştır. Bu şekilde kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Bu kısımda yapılan işlemlerden ayrıntılı bir şekilde bahsedilecektir. Öncelikle ana makine seçimi daha sonra jeneratör seçimi ele alınacaktır.

6.6.1.1.Ana Makine Seçimi

Ana makine seçimi AHP uygulaması için öncelikle problemin amacı belirlenmiştir. Bu amaca uygun kriterler, ana kriterler ve alt kriterler olarak sınıflandırılmıştır .Sonraki sayfada ana makine seçimi hiyerarşi tablosunda kriterlere yer verilmiştir. Oluşturulan hiyerarşi tablosunda projeye uygun olarak seçilen ana makine modelleri de yer almıştır. Ayrıca projeye uygun olarak seçilen ana makineler Tablo 6.2 Ana Makine Tablosunda ayrıntılı olarak almıştır.

.

Tablo 6.1 Ana Makine Seçimi Hiyerarşi Tablosu



Tablo 6.2 Ana Makine Tablosu

Marka	Model
Wartsila	9L32D
RRM-Bergen	B32:40L9P
MAN	9L32/40
MAK	9M32C
ABC	8DL36-720
Daihatsu	8DKM-36
Niigata	12V28HLX

Ana makine seçiminde dikkate alınması uygun olan ana kriterler ve alt kriterler 6.5.1 numaralı başlıkta ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu kriterlere uygun olarak AHP karar hiyerarşisi modeli Tablo 6.1'de oluşturulmuştur. Karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra ikili karşılaştırma matrisleri uygulanmıştır. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulmadan önce ana kriterler ve alt kriterler kendi aralarında önem sırasına dizilmiştir. Ana kriterlerin önem sıralaması şu şekildedir:

1)Teknik özellikler

2)Sözleşmeye bağlı kriterler

3)Marka Güvenirliği

4)İşletme masrafları

5)Bakım masrafları

Alt kriterlerin önem sıralaması ise şöyledir:

Teknik özellikler:

1)Klas gereklilikleri

2)Güç ve devir

3)Ağırlık ve hacim

4)Güç harici istenen teknik yeterlikler

Bu önem sıralamasında güç ve devir farklı kriterler olmasına rağmen ağırlık olarak eşit derecede öneme sahiptir. Aynı durum ağırlık ve hacim kriterleri için de geçerlidir.

Sözleşme:

1)İlk yatırım maliyeti

2)Teslim süresi

İlk yatırım maliyeti kriteri teslim süresi kriterine göre çok kuvvetli derecede önemlidir .Fakat iki kriter olduğu için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulamamıştır. Fakat kriterlerin birbirine göre ne kadar önemli olduğunu bilindiği için ağırlıklandırma yapılmıştır. Yani ilk yatırım maliyeti kriteri 7 birim önemli ise teslim süresi 1 birim önemlidir.

İşletme masrafları:

1)Yakıt tüketimi

2) Yağ tüketimi

Yakıt tüketimi yağ tüketimine göre çok kuvvetli derecede önemlidir. Sözleşme kriterinin alt kriteri için geçerli olan durum burada da uygulanmıştır.

Bu önem sıralaması sonucu elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri şu şekildedir:

Tablo 6.3 Ana Kriter İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	Teknik Özellikler	Sözleşme	Marka Güvenirliği	İşletme Masrafları	Bakım Masrafları
Teknik Özellikler	1	3	5	7	9
Sözleşme	0,3333	1	3	5	7
Marka Güvenirliği	0,2000	0,3333	1	3	5
İşletme masrafları	0,1429	0,2000	0,3333	1	3
Bakım Masrafları	0,1111	0,1429	0,2000	0,3333	1

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra matris öncelikler vektörüne dönüştürülmüştür. Öncelikler vektörünün bulunması için matris normalize edilir. Normalize edilen matris satırlarının ortalaması alınarak öncelikler vektörü bulunmuş olur.

Tablo 6.4 Öncelikler Vektörü

Öncelikler Vektörü
0,5028
0,2602
0,1343
0,0677
0,0348

Elde edilen bu vektör ile karşılaştırma matrisinin çarpımı sonucu tüm öncelikler matrisi elde edilir. Tüm öncelikler vektörü elemanları öncelikler vektörü elemanlarına bölünüp bu elemanların ortalaması alınır. Bu ortalama sonucu en büyük özdeğer yani λ_{max} bulunmuş olur. λ_{max}'ı bulma amacı tutarlılık oranını bulmaktır. Tutarlılık oranının 0,1 den küçük çıkması halinde matris tutarlı kabul edilir.

Tablo 6.5 Tüm Öncelikler Vektörü

Tüm Öncelikler Vektörü
2,7431
1,4135
0,6991
0,3409
0,1773

Tutarlık oranını hesaplayabilmek için öncelikle tutarlık indeksini(CI) hesaplamalıyız:

$$CI=(\lambda_{max}-n) / (n-1) \quad (6.1)$$

Tutarlık indeksi=(5,24260692-5)/4= 0,06065173

Şeklinde bulunur. CI bulunduktan sonra tutarlık oranı(CR) şu şekilde hesaplanır:

$$CR=CI/RI \quad (6.2)$$

RI rastgele değer indeksini temsil etmektedir. Değer indeksi tablosundan uygun değer seçilerek işlemler yapılır.

Tutarlık oranı= 0,06065173/1,12= 0,05415333

Tutarlık oranının 0,1 den küçük çıkması yapılan ikili karşılaştırmanın yani karar vericinin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olduğunu göstermektedir.

Teknik özellikler kriterinin alt kriterlerinin analizi ise ana kriterlerin değerlendirmesinde kullanılan yolla yapılmıştır.

Tablo 6.6 Teknik Özellikler Alt Kriter İkili Karşılaştırma Matrisi

	Güç	Devir	Ağırlık	Hacim	Klas G.	D.T.Y
Güç	1	1	3	3	0,3333	5
Devir	1	1	3	3	0,3333	5
Ağırlık	0,3333	0,3333	1	1	0,2	3
Hacim	0,3333	0,3333	1	1	0,2	3
Klas G.	3	3	5	5	1	7
D.T.Y.	0,2	0,2	0,3333	0,3333	0,1428	1

Tablo 6.7 Teknik Özellikler Alt Kriter Öncelikler Vektörü

Öncelikler Vektörü
0,1916
0,1916
0,0798
0,0798
0,4194
0,0374

Tablo 6.8 Teknik Özellikler Alt Kriter Tüm Öncelikler Vektörü

Tüm Öncelikler Vektörü
1,1894
1,1894
0,4836
0,4836
2,6301
0,2272

$$CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1) \quad (6.3)$$

Tutarlık indeksi=(6,14442441-6)/5= 0,028885

Tutarlık oranı= 0,028885/1,24=0,023294

Tutarlılık oranının 0,1 den küçük çıkması teknik özellikler alt kriterine ilişkin yargıların tutarlı olduğunu göstermektedir.

Sözleşme kriteri iki alt kritere sahiptir. İki kriter olduğu durumda ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Bu durumda karar verici bize kriterlerin birbirine göre durumu hakkında bilgi vermektedir. Sözleşme kriteri ilk yatırım maliyeti ve teslim süresi alt kriterlerinden oluşur. İlk yatırım maliyeti teslim süresine göre çok kuvvetli derecede önemli bir kriterdir. Karar verici burada ilk yatırım maliyeti 7 birim önemliyse teslim süresi 1 birim önemlidir şeklinde yargıda bulunmuştur.İşletme masrafları kriteri de aynı sözleşme kriterinde olduğu gibi iki alt kriterden oluşmuştur. Bu kriterler yakıt tüketimi ve yağ tüketimidir. Yakıt tüketimi yağ tüketimine göre çok kuvvetli derece önemli bir kriterdir.

Jeneratör seçimini etkileyen kriterler ile ana makine seçimini etkileyen kriterler aynı olduğu için jeneratörler için aynı işlem tekrarlanmamıştır. Bu kriterler üzerinden alternatiflerin göreli öncelikleri bulunmuştur. Fakat her kriter için bu değerlendirme tek tek yapılmıştır. Bu değerlendirme tercih durumunu etkileme durumuna göre ters normalize veya normalize işlemlerinin yapılması sonucu elde edilmiştir. Öncelikle ana makine için göreli öncelikleri incelenmiştir. Göreli öncelikler gerçek değerler ele alınarak hesaplanmıştır. Teknik özellikler kriterinin alt kriterleriyle değerlendirmeye başlanılmıştır.

Tablo 6.9 Ana Makine Güç Kriteri

	Güç	Normalize Değerleri
Wartsila	4640	0,1456
RRM-Bergen	4500	0,1412
MAN	4500	0,1412
MAK	4500	0,1412
ABC	4992	0,1566
Daihatsu	4413	0,1384
Niigata	4320	0,1355
Toplam	31865	1

Güç kriterinde gerçek değerler üzerinden normalize işlemi yapılmıştır.Çünkü bir makinenin gücü arttıkça tercih edilebilirliği de artar. Bu yüzden güç kriteri karar verme problemine olumlu katkı sağlamaktadır.

Tablo 6.10 Ana Makine Devir Kriteri

	Gerçek Devir Değerleri(rpm)	Devir değerlerinin Normalize Hali
Wartsila	750	0,1533
RRM-Bergen	750	0,1533
MAN	750	0,1533
MAK	600	0,1226
ABC	720	0,1472
Daihatsu	600	0,1226
Niigata	720	0,1472
Toplam	4890	1

Devir kriterinde gerçek değerler üzerinden normalize işlemi yapılmıştır.Devir sayısı arttıkça makinenin tercih edilirliği de artmaktadır.

Tablo 6.11 Ana Makine Ağırlık Kriteri

	Ağırlık	Ağırlığın tersi	Ters ağırlığın normalize hali
Wartsila	46,8	0,0213	0,1537
RRM-Bergen	45,9	0,0217	0,1567
MAN	51	0,0196	0,1410
MAK	49,4	0,0202	0,1456
ABC	67,7	0,0147	0,1062
Daihatsu	67	0,0149	0,1073
Niigata	38	0,0263	0,1892
Toplam		0,1390	1

Tablo 6.12 Ana Makine Hacim Kriteri

	Hacim	Hacim Değerlerinin Tersi	Ters Normalize Değerleri
Wartsila	5,35	0,1869	0,1784
RRM-Bergen	5,42	0,1845	0,1761
MAN	9,17	0,1090	0,1040
MAK	8,36	0,1196	0,1141
ABC	10,3	0,0970	0,0926
Daihatsu	5,86	0,1706	0,1628
Niigata	5,56	0,1798	0,1716
Toplam		1,0476	1

Ağırlık ve hacim kriterlerinde gerçek değerlerin tersi alınarak normalize işlemi tamamlanmıştır. Çünkü ağırlık ve hacim arttıkça makinenin tercih edilirliği azalacaktır.

Klas gereklilikleri kriterinde herhangi bir işlem yapılmamıştır. Çünkü bütün makineler aynı klasa girdiği için bu kriter ana makinelerin karşılaştırılmasında herhangi bir katkı sağlamamaktadır.

Diğer teknik yeterlilik kriteri; koruma sınıfı, başlama tipi, soğutma tipi, egzoz emisyon derecesi ile ilgilidir. Bu kriterler kendi aralarında eşit öneme sahiptir. Alternatif makinelerin hepsi aynı koruma sınıfı, başlama tipi ve soğutma tipine sahiptir. Bu makineler sıkıştırılmış hava başlama tipinde ve su ile soğutma özelliğindedir. Egzoz emisyon derecesi ile alakalı olarak ise IMO TIER2-3 olmak üzere iki emisyon derecesi vardır. Fakat bu durum karar verme probleminde ihmal edilecek kadar önemsiz bulunmuş bir ayrıntıdır.

Sözleşme kriterinin alt kriterlerini ele alalım. İlk yatırım maliyeti kriteri gerçek maliyet değerlerinin tersi alınarak normalize edilmiştir. Maliyet arttıkça tercih edilirlik azalacağı için ters değerler bulunmuştur. Teslim süresi kriterinde 1 değeri verilenler kısa sürede teslim, 2 değeri ise daha uzun sürede teslimi temsil etmektedir. Bu atamalar firmaların imalat yaptıkları yere göre oluşturulmuştur.2 değeri daha uzun süreyi temsil ettiği için ters normalize işlemi yapılmıştır.

Tablo 6.13 Ana Makine İlk Yatırım Maliyeti Kriteri

	İlk yatırım maliyeti değerleri	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
Wartsila	1000000	0,000001	0,1325
RRM-Bergen	1200000	0,000000833	0,1104
MAN	1000000	0,000001	0,1325
MAK	1100000	0,000000909	0,1204
ABC	800000	0,000001250	0,1656
Daihatsu	625000	0,000001600	0,2120
Niigata	1050000	0,000000952	0,1262
Toplam		0,000007544	1

Tablo 6.14 Ana Makine Teslim Süresi

	Teslim Süresi	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
Wartsila	1	1	0,1666
RRM-Bergen	1	1	0,1666
MAN	1	1	0,1666
MAK	1	1	0,1666
ABC	1	1	0,1666
Daihatsu	2	0,5	0,0833
Niigata	2	0,5	0,0833
Toplam		6	1

Tablo 6.15 Ana Makine Marka Güvenirliği Kriteri

	Marka Güvenirliği	Marka Güvenirliği Değerlerinin Tersi	Ters Normalize Değerleri
Wartsila	1	1	0,2068
RRM-Bergen	2	0,5	0,1034
MAN	1	1	0,2068
MAK	1	1	0,2068
ABC	2	0,5	0,1034
Daihatsu	2	0,5	0,1034
Niigata	3	0,3333	0,0689
Toplam		4,8333	1

Marka güvenirliği kriterinde 1 en güvenilir, 2 güvenilir, 3 daha az güvenilir olmak üzere değer ataması yapılmıştır. Markalar arası bu kıyaslama ise eski projeler

ve satın alma biriminde tecrübeli uzman kişiler yardımıyla yapılmıştır. Güvenirlikten kastedilen makinenin zamanında teslimi, uzun süre sorunsuz çalışması, servis ve yedek parça gereksiniminin kısa sürede karşılanmasıdır.

Tablo 6.16 Ana Makine Yakıt Tüketim Kriteri

	Yakıt Tüketimi	Ter Değerleri	Ters Normalize Değerleri
Wartsila	185	0,0054	0,1408
RRM-Bergen	185	0,0054	0,1408
MAN	182	0,0054	0,1431
MAK	177	0,0056	0,1472
ABC	184	0,0054	0,1416
Daihatsu	181	0,0055	0,1439
Niigata	183,3	0,0054	0,1421
Toplam		0,0383	1

Tablo 6.17 Ana Makine Yağ Tüketim Kriteri

	Yağ Tüketimi	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
Wartsila	0,5	2	0,1775
RRM-Bergen	0,8	1,25	0,1109
MAN	0,5	2	0,1775
MAK	0,6	1,6666	0,1479
ABC	0,6	1,6666	0,1479
Daihatsu	0,7	1,4285	0,1268
Niigata	0,8	1,25	0,1109
Toplam		11,261	1

Yağ ve yakıt tüketiminde gerçek değerlerin ters normalize değerleri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Tüketim arttıkça tercih edilirlik azalmaktadır.

Tablo 6.18 Ana Makine Bakım Masrafları Kriteri

	Bakım Masrafları	Normalize Değerleri
Wartsila	5	0,2
RRM-Bergen	3	0,12
MAN	5	0,2
MAK	5	0,2
ABC	4	0,16
Daihatsu	2	0,08
Niigata	1	0,04
Toplam	25	1

Bakım masrafları kriteri yedek parça temini ve servis desteği ile ilgilidir. Firmanın ne kadar yaygın servis ağı varsa tercih edilme oranı o kadar fazladır. 5 en yaygın 1 ise en az yaygın servis ağını belirtmek üzere değerlendirme yapılmıştır. Servis ağı sayısı ise ilgili firmaların web adresleri aracılığıyla temin edilmiştir.

Göreli öncelik vektörleri hesaplandıktan sonra önceden belirlenen ağırlık değerleri ile final tablosu oluşturulmuştur. Final tablosu bulduğumuz ana kriter ve alt kriter ağırlık değerleri ile göreli öncelik vektörlerinden oluşmaktadır. Final tablosunu oluşturduktan sonraki adım karma öncelik vektörünün hesaplanmasıdır. Karar verici karma öncelik değeri en yüksek alternatifi seçer.

Tablo 6.19 Ana Makine Final Tablosu

Ana Kriterler	Teknik Özellikler						Sözleşme		Marka Güvenirliği	İşletme Masrafları		Bakım Masrafları
Alt Kriterler	Güç	Devir	Ağırlık	Hacim	Klas Gerekleri	Diğer Teknik Yeterlikler	İlk Yatırım Maliyeti	Teslim Süresi		Yakıt Tüketimi	Yağ Tüketimi	
Ağırlık	0,0963	0,0963	0,0401	0,0401	0,2109	0,0188	0,2277	0,0325	0,1343	0,0593	0,0084	0,0348
Wartsila	0,1456	0,1533	0,1537	0,1784	1	1	0,1325	0,1666	0,2068	0,1408	0,1775	0,2
RRM-Bergen	0,1412	0,1533	0,1567	0,1761	1	1	0,1104	0,1666	0,1034	0,1408	0,1109	0,12
MAN	0,1412	0,1533	0,1410	0,1040	1	1	0,1325	0,1666	0,2068	0,1431	0,1775	0,2
MAK	0,1412	0,1226	0,1456	0,1141	1	1	0,1204	0,1666	0,2068	0,1472	0,1479	0,2
ABC	0,1566	0,1472	0,1062	0,0926	1	1	0,1656	0,1666	0,1034	0,1416	0,1479	0,16
Daihatsu	0,1384	0,1226	0,1073	0,1628	1	1	0,2120	0,0833	0,1034	0,1439	0,1268	0,08
Niigata	0,1355	0,1472	0,1892	0,1716	1	1	0,1262	0,0833	0,0689	0,1421	0,1109	0,04

Karma öncelik değerlerine göre en iyi makine Wartsila, ikinci MAN, üçüncü MAK, dördüncü DAIHATSU, beşinci ABC, altıncı RRM-Bergen, yedinci NIIGATA'dır.

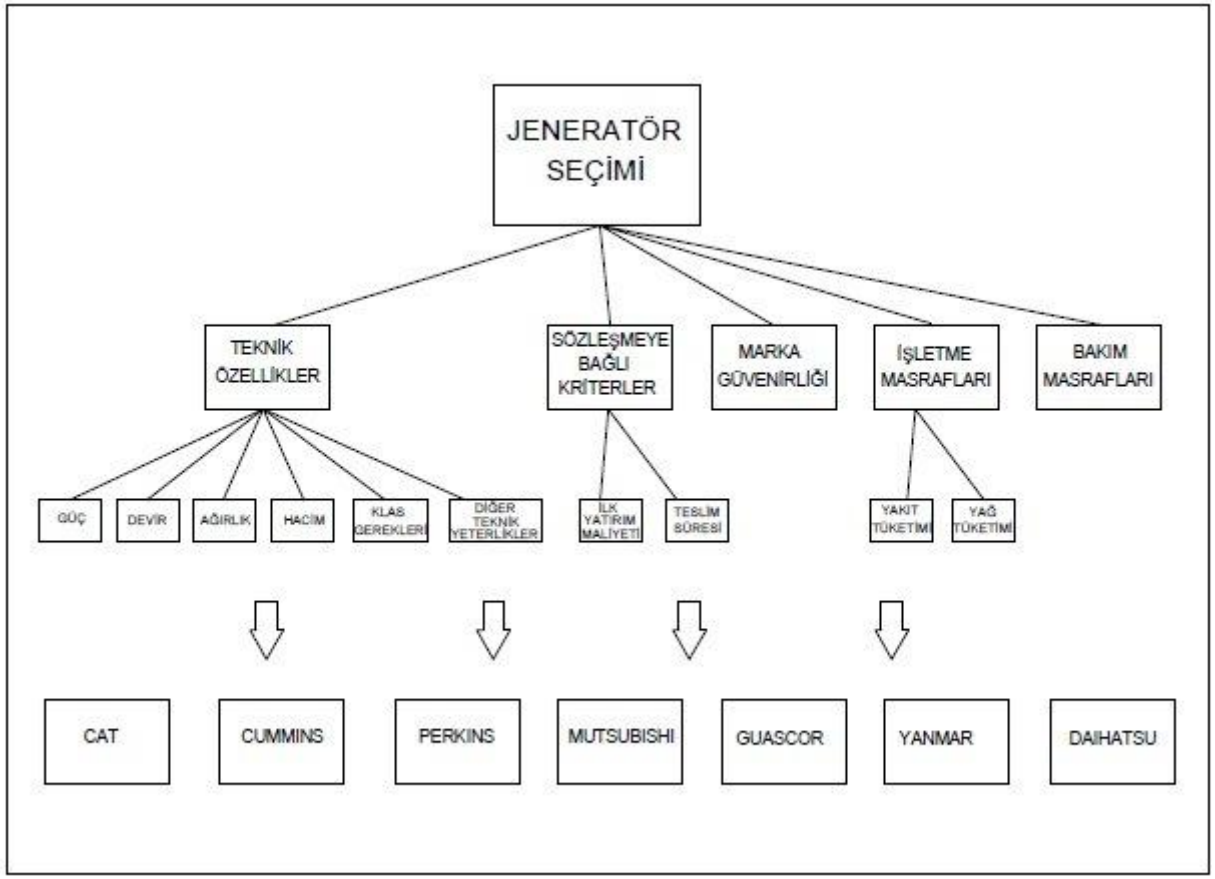
Tablo 6.20 Karma Öncelik Vektörü

Alternatifler	Karma öncelik değeri	Sıralama
Wartsila	0,3521	1
RRM-Bergen	0,3294	6
MAN	0,3483	2
MAK	0,3432	3
ABC	0,3392	5
Daihatsu	0,3430	4
Niigata	0,3229	7

6.6.1.2. Jeneratör Seçimi

Jeneratör seçimi hiyerarşi tablosu oluşturulurken öncelikle hedef belirlenmiştir. Çalışmanın bu kısmının amacı uygun jeneratör modelinin seçilmesidir. Daha sonra kriterler hiyerarşisine uygun olarak ana kriterler ve alt kriterler olarak belirlenmiştir. Ayrıca tablonun en alt satırında projeye uygun seçilen jeneratör modelleri yer almaktadır.

Tablo 6.21 Jeneratör Seçimi Hiyerarşi Tablosu



Jeneratör seçim hiyerarşi tablosunda ana kriter ve alt kriterler ana makine seçimi hiyerarşi tablosundaki kriterler ile aynı olduğu için jeneratör seçim probleminde de aynı kriterler üzerinden işlem yapılacaktır. Ana makine seçiminde bulunan ikili karşılaştırma matrislerini ve ağırlık değerleri jeneratör seçiminde de kullanılacaktır. Bu yüzden öncelik değeri hesaplarını yapmak yeterlidir.

Tablo 6.22 Jeneratör Güç Seçimi

	Güç	Normalize Değerleri
CAT	995	0,1591
Cummins	920	0,1471
Perkins	920	0,1471
Mitsubishi	988	0,1580
Guascor	930	0,1487
Yanmar	750	0,1199
Daihatsu	750	0,1199
Toplam	6253	1

Güç kriteri değerlendirilirken gerçek kW değerleri normalize edilmiştir. Çünkü güç arttıkça tercih edilirlik de artmaktadır. Yani güç kriteri karar problemine olumlu katkı sağlamaktadır.

Tablo 6.23 Jeneratör Devir Kriteri

	Devir	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
Cat	1800	0,0005	0,1111
Cummins	1800	0,0005	0,1111
Perkins	1800	0,0005	0,1111
Mitsubishi	1800	0,0005	0,1111
Guascor	1800	0,0005	0,1111
Yanmar	900	0,0011	0,2222
Daihatsu	900	0,0011	0,2222
TOPLAM	10800	0,005	1

Bu proje için devir değerinin düşük olması öncelikli tercih sebebidir. Bu yüzden gerçek devir değerleri üzerinden ters normalize işlemi yapılarak göreli öncelik değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6.24 Jeneratör Ağırlık Kriteri

	Ağırlık	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
CAT	7131	0,00014	0,1845
Cummins	8500	0,00011	0,1548
Perkins	8300	0,00012	0,1585
Mitsubishi	8000	0,00012	0,1645
Guascor	9685	0,00010	0,1359
Yanmar	12650	0,00007	0,1040
Daihatsu	13500	0,00007	0,0974
Toplam		0,00075	1

Ağırlık kriteri gerçek ton değerleri üzerinden ters normalize işlemi yapılarak göreli öncelik değeri bulunmuştur. Çünkü ağırlık arttıkça tercih edilirlik azalmaktadır.

Tablo 6.25 Jeneratör Hacim Kriteri

	Hacim	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
CAT	15,87	0,0630	0,1556
Cummins	19,7	0,0507	0,1254
Perkins	23,7	0,0421	0,1042
Mitsubishi	13	0,0769	0,1900
Guascor	16,8	0,0595	0,1470
Yanmar	17,8	0,0561	0,1387
Daihatsu	17,8	0,0561	0,1387
Toplam		0,4047	1

Hacim kriteri gerçek m^3 değerleri üzerinden ters normalize işlemi ile değerlendirilmiştir. Hacim arttıkça tercih edilirlik azalacaktır.

Tablo 6.26 Jeneratör İlk Yatırım Maliyeti Kriteri

	İlk Yatırım Maliyeti	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
CAT	250000	0,000004	0,1231
Cummins	220000	0,0000045	0,1399
Perkins	185000	0,0000054	0,1664
Mitsubishi	225000	0,0000044	0,1368
Guascor	220000	0,0000045	0,1399
Yanmar	234000	0,0000042	0,1315
Daihatsu	190000	0,0000052	0,1620
Toplam		0,0000324	1

İlk yatırım maliyeti kriteri gerçek maliyet değerleri üzerinden ters normalize işlemi yapılarak değerlendirilmiştir. Çünkü maliyet arttıkça tercih edilirlik azalmaktadır.

Tablo 6.27 Jeneratör Teslim Süresi Kriteri

	Teslim Süresi	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
CAT	30	0,0333	0,1511
Cummins	25	0,04	0,1813
Perkins	30	0,0333	0,1511
Mitsubishi	40	0,025	0,1133
Guascor	30	0,0333	0,1511
Yanmar	36	0,0277	0,1259
Daihatsu	36	0,0277	0,1259
Toplam		0,2205	1

Teslim süresi gerçek teslim haftası üzerinden ters normalize işlem uygulanarak değerlendirilmiştir. Çünkü teslim süresinin uzaması projenin de teslimini de geciktirir. Bundan dolayı tercih edilirlik teslim süresi arttıkça azalır.

Tablo 6.28 Jeneratör Marka Güvenirliği Kriteri

	Marka Güvenirliği	Normalize Değerleri
CAT	1	0,0769
Cummins	1	0,0769
Perkins	3	0,2307
Mitsubishi	2	0,1538
Guascor	3	0,2307
Yanmar	1	0,0769
Daihatsu	2	0,1538
Toplam	13	1

Marka güvenirliği kriterinde eski projelerden elde edilen tecrübe sonucu 1- en güvenilir 3-en az güvenilir şeklinde bir değerleme yapılmıştır. Bu değerler üzerinden normalize işlemi yapılarak göreli öncelik değerleri bulunmuştur.

Tablo 6.29 Jeneratör Yakıt Tüketimi Kriteri

	Yakıt Tüketimi	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
CAT	245	0,00408	0,1238
Cummins	205	0,00487	0,1480
Perkins	208	0,00480	0,1459
Mıtsubishi	218	0,00458	0,1392
Guascor	219	0,00456	0,1385
Yanmar	210	0,00476	0,1445
Daihatsu	190	0,00526	0,1597
Toplam		0,03294	1

Yakıt tüketimi hesaplamaları gerçek yakıt tüketim değerlerinin ters normalize edilmesi sonucu elde edilmiştir. Ters normalize yapılmasının sebebi yakıt tüketimi arttıkça tercih edilirlik durumunun azalmasıdır.

Tablo 6.30 Jeneratör Yağ Tüketimi Kriteri

	Yağ Tüketimi	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
CAT	0,6	1,6666	0,13002
Cummins	0,6	1,6666	0,13002
Perkins	0,5	2	0,15602
Mitsubishi	0,55	1,8181	0,14184
Guascor	0,5	2	0,15602
Yanmar	0,6	1,6666	0,13002
Daihatsu	0,5	2	0,15602
Toplam		12,818	1

Yağ tüketim göreli öncelik değerleri ters normalize işlemi yapılarak değerlendirilmiştir. Bunun sebebi yağ tüketiminin artmasının karar problemini olumsuz etkilemesidir.

Tablo 6.31 Jeneratör Bakım Masrafları Kriteri

	Bakım Masrafları	Ters Değerleri	Ters Normalize Değerleri
CAT	1	1	0,27906
Cummins	1	1	0,27906
Perkins	4	0,25	0,06976
Mitsubishi	3	0,3333	0,09302
Guascor	4	0,25	0,06976
Yanmar	2	0,5	0,13953
Daihatsu	4	0,25	0,06976
Toplam		3,5833	1

Bakım masrafları kriteri servis ağı yaygınlığı ve yedek parça fiyatlandırılmasının birlikte ele alınması sonucu 1-en yaygın, en az masraflı 2-yaygın,az masraflı 3-az yaygın, masraflı 4-en az yaygın, en çok masraflı olmak üzere sayısal değerler atanmıştır .Bunun sonucu ters normalize işlemi yapılarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

Göreli öncelik değerlerinin de hesaplanmasıyla final tablosu oluşturulur. Final tablosu ağırlık değerlerimiz ve göreli öncelik vektörlerinden oluşan tablodur.bu tablo oluşturulduktan sonra öncelik vektörlerinin ağırlıklı ortalamaları hesaplanarak karma öncelikler vektörü oluşturulur. Karma öncelikler vektörü karar vericinin alternatif

tercihleriyle ilgili yargısal algılamalarının yoğunluğunu temsil etmektedir. Karar verici karma öncelik değeri en yüksek alternatifi seçmelidir.

Tablo 6.32 Jeneratör Final Tablosu

Ana Kriterler	Teknik Özellikler						Sözleşme		Marka Güvenirliği	İşletme Masrafları		Bakım Masrafları
Alt Kriterler	Güç	Devir	Ağırlık	Hacim	Klas Gerekleri	Diğer Teknik Yeterlikler	İlk Yatırım Maliyeti	Teslim Süresi		Yakıt Tüketimi	Yağ Tüketimi	
Ağırlık	0,0963	0,0963	0,0401	0,0401	0,2109	0,0188	0,2277	0,0325	0,1343	0,0593	0,0084	0,0348
CAT	0,1591	0,1111	0,1845	0,1556	1	1	0,1231	0,1511	0,0769	0,1238	0,1300	0,2790
Cummins	0,1471	0,1111	0,1548	0,1254	1	1	0,1399	0,1813	0,0769	0,1480	0,1300	0,2790
Perkins	0,1471	0,1111	0,1585	0,1042	1	1	0,1664	0,1511	0,2307	0,1459	0,1560	0,0697
Mitsubishi	0,1580	0,1111	0,1645	0,1900	1	1	0,1368	0,1133	0,1538	0,1392	0,1418	0,0930
Guascor	0,1487	0,1111	0,1359	0,1470	1	1	0,1399	0,1511	0,2307	0,1385	0,1560	0,0697
Yanmar	0,1199	0,2222	0,1040	0,1387	1	1	0,1315	0,1259	0,0769	0,1445	0,1300	0,1395
Daihatsu	0,1199	0,2222	0,0974	0,1387	1	1	0,1620	0,1259	0,1538	0,1597	0,1560	0,0697

Tablo 6.33 Jeneratör Karma Öncelik Vektörü

CAT	0,3406	6
Cummins	0,3433	4
Perkins	0,3538	1
Mitsubishi	0,3413	5
Guascor	0,3483	3
Yanmar	0,3362	7
Daihatsu	0,3495	2

Tablo 6.33'e göre en iyi jeneratör Perkins, ikinci Daihatsu, üçüncü Guascor, dördüncü Cummins, beşinci Mitsubishi, altıncı CAT, yedinci Yanmar'dır.

6.6.2.TOPSIS Uygulaması

TOPSIS uygulamasında kriterler ve alternatifler sabit tutularak çözüm işlemi bu yöntemle ele alınmıştır. TOPSIS uygulama adımları Excelde formülize edilerek çözümlenmiştir. AHP hiyerarşisinde ele alınan yapı bu yönteme karar matrisi şeklinde uyarlanmıştır. Kriter ve Alt kriterlerin önem dereceleri AHP'de belirlenen önem dereceleridir.

6.6.2.1.Ana Makine Seçimi TOPSIS Uygulaması

Uygulamanın ilk adımı karar matrisinin oluşturulmasıdır. Buna göre oluşturulan matris AHP yöntemindeki gibi ikili karşılaştırma şeklinde değil puanlama veya değer atama şeklinde oluşturulur. Karar matrisi oluşturulurken her kriter işleme dahil edilmiştir. Oluşturulan karar matrisi Tablo 6.34'de görülmektedir.

İkinci adım karar matrisinin normalleştirilmesidir. Bu aşamada her kriterin sütununa ait değerlerin kareleri toplamının karekökleri alınarak normalleşmesi istenen değere bölünmesi ile karar matrisi normalleştirilmiştir. Elde edilen matris Tablo 6.35'de gösterilmiştir.

Üçüncü adım ise ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşrurulmasıdır. Bu aşamada normalize karar matrisinin her elemanı ilgili kriterin ağırlığı ile çarpılmış ve ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 6.34 Ana Makine Karar Matrisi

Ana Kriterler	Teknik Özellikler						Sözleşme		Marka Güvenirliği	İşletme Masrafları		Bakım Masrafları
Alt Kriterler	Güç	Devir	Ağırlık	Hacim	Klas Gerekleri	Diğer Teknik Yeterlikler	İlk Yatırım Maliyeti	Teslim Süresi		Yakıt Tüketimi	Yağ Tüketimi	
Kriter No	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Ağırlık	0,0963	0,0963	0,0401	0,0401	0,2109	0,0188	0,2277	0,0325	0,1343	0,0593	0,0084	0,0348
Wartsila	4640	750	46,8	5,35	5	5	1000000	3	1	185	0,5	5
RRM-Bergen	4500	750	45,9	5,42	5	5	1200000	6	2	185	0,8	3
MAN	4500	750	51	9,17	5	5	1000000	3	1	182	0,5	5
MAK	4500	600	49,4	8,36	5	5	1100000	5	1	177	0,6	5
ABC	4992	720	67,7	10,3	5	5	800000	2	2	184	0,6	4
Daihatsu	4413	600	67	5,86	5	5	625000	1	2	181	0,7	2
Niigata	4320	720	38	5,56	5	5	1050000	4	3	183,3	0,8	1

Tablo 6.35 Normalize Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Wartsila	0,3848	0,4041	0,3321	0,2732	0,3779	0,3779	0,3839	0,2999	0,2040	0,3831	0,2891	0,4879
RRM-Bergen	0,3732	0,4041	0,3257	0,2768	0,3779	0,3779	0,4607	0,5999	0,4080	0,3831	0,4626	0,2927
MAN	0,3732	0,4041	0,3619	0,4683	0,3779	0,3779	0,3839	0,2999	0,2040	0,3769	0,2891	0,4879
MAK	0,3732	0,3232	0,3505	0,4269	0,3779	0,3779	0,4223	0,4999	0,2040	0,3665	0,3469	0,4879
ABC	0,4140	0,3879	0,4804	0,5260	0,3779	0,3779	0,3071	0,1999	0,4080	0,3810	0,3469	0,3903
Daihatsu	0,3660	0,3232	0,4754	0,2993	0,3779	0,3779	0,2399	0,0999	0,4080	0,3748	0,4048	0,1951
Niigata	0,3583	0,3879	0,2696	0,2839	0,3779	0,3779	0,4031	0,3999	0,6121	0,3796	0,4626	0,0975

Tablo 6.36 Ana Makine Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Wartsila	0,0370	0,0389	0,0133	0,0109	0,0797	0,0071	0,0874	0,0097	0,0274	0,0227	0,0024	0,0169
RRM-Bergen	0,0359	0,0389	0,0130	0,0111	0,0797	0,0071	0,1049	0,0195	0,0548	0,0227	0,0039	0,0101
MAN	0,0359	0,0389	0,0145	0,0188	0,0797	0,0071	0,0874	0,0097	0,0274	0,0223	0,0024	0,0169
MAK	0,0359	0,0311	0,0140	0,0171	0,0797	0,0071	0,0961	0,0162	0,0274	0,0217	0,0029	0,0169
ABC	0,0399	0,0373	0,0192	0,0211	0,0797	0,0071	0,0699	0,0065	0,0548	0,0226	0,0029	0,0135
DAİHATSU	0,0352	0,0311	0,0190	0,0120	0,0797	0,0071	0,0546	0,0032	0,0548	0,0222	0,0034	0,0067
NİİGATA	0,0345	0,0373	0,0108	0,0114	0,0797	0,0071	0,0917	0,0130	0,0822	0,0225	0,0039	0,0033

Dördüncü adım pozitif ve negatif ideal çözümlerin oluşturulmasıdır. Ayırım ölçülerinin hesaplanabilmesi amacıyla her kritere ait en yüksek (A^*) ve en düşük (A^-) değerler belirlenmiş ve tüm kriterler için en çok tercih edilen ve en az tercih edilen alternatifler belirlenmiştir. Güç, devir ve bakım masrafları fayda kriteri diğer kriterler ise maliyet kriteri olarak değerlendirilmiştir. Fayda kriterleri için en yüksek değer pozitif ideal, en küçük değer ise negatif ideal çözümdür. Maliyet kriterleri için ise en düşük değer pozitif ideal çözüm, en büyük değer ise negatif ideal çözümdür.Tablo 6.37 de pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin oluşturduğu tablo mevcuttur.

Tablo 6.37 Pozitif Ve Negatif İdeal Ayırımlar Matrisi

A*	0,0399	0,0389	0,0108	0,0109	0,0797	0,0071	0,0546	0,0032	0,0274	0,0217	0,0024	0,0169
A-	0,0345	0,0311	0,0192	0,0211	0,0797	0,0071	0,1049	0,0195	0,0822	0,0227	0,0039	0,0033

Beşinci adım ayırım ölçülerinin ve ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanmasıdır.Tablo 6.38'de Euclidian Uzaklık Yaklaşımına göre her alternatif için tüm değerlendirme kriterlerinin Pozitif ideal ve Negatif İdeal çözüm setinden ayırımları hesaplanmıştır. İkinci sütunda pozitif ayırım, dördüncü sütunda negatif ayırım ölçüsü hesaplanmıştır. Son sütunda ise her alternatifin pozitif ideal çözüme yakınlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 6.38 Ayırım Ölçüleri Ve İdeal Çözüme Göreli Yakınlıkları

S_1^*	0,0336	S_1^-	0,0616	C_1*	0,6468
S_2^*	0,0601	S_2^-	0,0316	C_2*	0,3446
S_3^*	0,0347	S_3^-	0,0607	C_3*	0,6358
S_4^*	0,0449	S_4^-	0,0576	C_4*	0,5620
S_5^*	0,0344	S_5^-	0,0481	C_5*	0,5829
S_6^*	0,0317	S_6^-	0,0603	C_6*	0,6551
S_7^*	0,0685	S_7^-	0,0204	C_7*	0,2299

Son olarak da önem sıralamaları bulunmuştur. İdeal çözüme göreli yakınlığın büyükten küçüğe doğru sıralanması ile en çok tercih edilen alternatifler sıralanmıştır. Yapılan çözümlemeye göre sıralama TOPSIS yöntemine göre önem sıralamasıdır. Buna göre bu proje için seçimi en uygun makine %65.5 derecelik önemle DAIHATSU marka makinedir.

Tablo 6.39 TOPSIS Yöntemine Göre Ana Makine Önem Sıralaması

SIRALAMA	ALTERNATİFLER	ÖNEM DERECELERİ
1	Daihatsu	%65.5
2	Wartsila	%64.6
3	MAN	%63.5
4	ABC	%58.2
5	MAK	%56.2
6	RRM-Bergen	%34.4
7	Niigata	%22.9

6.6.2.2. Jeneratör Seçimi İçin TOPSIS Uygulaması

Ana makine seçiminde uygulanan adımlar sırasıyla jeneratör için de uygulanmıştır. İlk olarak karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan karar matrisi Tablo 6.40 ‘da verilmiştir. İkinci adım olarak karar matrisi normalize edilmiştir. Normalize karar matrisi Tablo 6.41’de gösterilmiştir.

Üçüncü adım ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulmasıdır. Ağırlıklı normalize karar matrisi Tablo 6.42’de verilmiştir.

Tablo 6.40 Jeneratör Karar Matrisi

Ana Kriterler	Teknik Özellikler						Sözleşme		Marka Güvenirliği	İşletme Masrafları		Bakım Masrafları
Alt Kriterler	Güç	Devir Sayısı	Ağırlık	Hacim	Klas Gerekleri	Diğer Teknik Yeterlikler	İlk Yatırım Maliyeti	Teslim Süresi		Yakıt tüketimi	Yağ tüketimi	
Kriter no	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
kriter ağırlığı	0,0963	0,0963	0,0401	0,0401	0,2109	0,0188	0,2277	0,0325	0,1343	0,0593	0,0084	0,0348
CAT	995	1800	7131	15,87	5	5	250.000	30	1	245	0,6	1
Cummins	920	1800	8500	19,7	5	5	220.000	25	1	205	0,6	1
Perkins	920	1800	8300	23,7	5	5	185.000	30	3	208	0,5	4
Mitsubishi	988	1800	8000	13	5	5	225.000	40	2	218	0,55	3
Guascor	930	1800	9685	16,8	5	5	220.000	30	3	219	0,5	4
Yanmar	750	900	12650	17,8	5	5	234.000	36	1	210	0,6	2
Daihatsu	750	900	13500	17,8	5	5	190.000	36	2	190	0,5	4

Tablo 6.41 Jeneratör Normalize Karar Matrisi

Kriter no	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
AĞIRLIK	0,0963	0,0963	0,0401	0,0401	0,2109	0,0188	0,2277	0,0325	0,1343	0,0593	0,0084	0,0348
CAT	0,4186	0,4264	0,271	0,3318	0,3779	0,3779	0,4319	0,346	0,1856	0,4324	0,4108	0,1259
Cummins	0,3870	0,4264	0,3231	0,4119	0,3779	0,3779	0,38	0,2883	0,1856	0,3618	0,4108	0,1259
Perkins	0,3870	0,4264	0,3155	0,4956	0,3779	0,3779	0,3196	0,346	0,5570	0,3671	0,3423	0,5039
Mitsubishi	0,4156	0,4264	0,3041	0,2718	0,3779	0,3779	0,3887	0,4613	0,3713	0,3847	0,3766	0,3779
Guascor	0,3912	0,4264	0,3681	0,3513	0,3779	0,3779	0,38	0,346	0,557	0,3865	0,3423	0,5039
Yanmar	0,3155	0,2132	0,4808	0,3722	0,3779	0,3779	0,4042	0,4152	0,1856	0,3706	0,4108	0,2519
Daihatsu	0,3155	0,2132	0,5131	0,3722	0,3779	0,3779	0,3282	0,4152	0,3713	0,3353	0,3423	0,5039

Tablo 6. 42 Jeneratör Ağırlıklı Normalize Matrisi

Kriter no	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Ağırlık	0,0963	0,0963	0,0401	0,0401	0,2109	0,0188	0,2277	0,0325	0,1343	0,0593	0,0084	0,0348
CAT	0,0403	0,041	0,0108	0,0133	0,0797	0,0071	0,0983	0,0112	0,0249	0,0256	0,0034	0,0043
Cummins	0,0373	0,041	0,0129	0,0165	0,0797	0,0071	0,0865	0,0093	0,0249	0,0214	0,0034	0,0043
Perkins	0,0373	0,041	0,0126	0,0199	0,0797	0,0071	0,0727	0,0112	0,0748	0,0217	0,0029	0,0175
Mitsubishi	0,04	0,041	0,0122	0,0109	0,0797	0,0071	0,0885	0,0150	0,0498	0,0228	0,0031	0,0131
Guascor	0,0377	0,041	0,0147	0,0141	0,0797	0,0071	0,0865	0,0112	0,0748	0,0229	0,0029	0,0175
Yanmar	0,0304	0,0205	0,0193	0,0149	0,0797	0,0071	0,0920	0,0135	0,0249	0,0219	0,0034	0,0087
Daihatsu	0,0304	0,0205	0,0206	0,0149	0,0797	0,0071	0,0747	0,0135	0,0498	0,0198	0,0029	0,0175

Dördüncü adım pozitif ve negatif ideal çözümlerin oluşturulmasıdır. Jeneratör seçiminde güç kriteri fayda kriteri diğer kriterler ise maliyet kriteri olarak değerlendirilmiştir. Ana makine seçiminden farklı olarak devir değerinin düşük olası jeneratör tercih edilme durumunu arttırmaktadır. Bakım masrafları kriterinde ise ana makineden farklı şekilde değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonucu elde edilen pozitif ve negatif ideal çözümleri Tablo 6.43'de gösterilmiştir.

Beşinci adım ayırım ölçülerinin ve ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanmasıdır. Hesaplama sonuçları Tablo 6.44'de gösterilmektedir.

Tablo 6.43 Jeneratör Pozitif Ve Negatif İdeal Ayırım Ölçüleri

A*	0,0403	0,0205	0,0108	0,0109	0,0797	0,0071	0,0727	0,0093	0,0249	0,0198	0,0029	0,0043
A-	0,0304	0,041	0,0206	0,0199	0,0797	0,0071	0,0983	0,015	0,0748	0,0256	0,0034	0,0175

Tablo 6.44 Jeneratör İdeal Çözümlerin Göreli Yakınlıkları

S_1*	0,0334	S_1	0,0539	C1*	0,6173
S_2*	0,0256	S2-	0,0544	C2*	0,6795
S_3*	0,0564	S3-	0,0281	C3*	0,3329
S_4*	0,0375	S4-	0,0314	C4*	0,4558
S_5*	0,0576	S5-	0,0167	C5*	0,2256
S_6*	0,0244	S6-	0,0554	C6*	0,6937
S_7*	0,0320	S7-	0,0407	C7*	0,5600

Son olarak da önem sıralamaları bulunmuştur. İdeal çözüme göreli yakınlığın büyükten küçüğe doğru sıralanması ile en çok tercih edilen alternatifler sıralanmıştır. Yapılan çözümlemeye göre sıralama TOPSIS yöntemine göre önem sıralamasıdır. Yüzdelik olarak ifade edilen değerler ise ideal çözüme göreli yakınlık yüzdeleridir. Buna göre bu proje için seçimi en uygun jeneratör %69.3 derecelik önemle Yanmar marka jeneratördür. İkinci Cummins, üçüncü CAT, dördüncü Daihatsu, beşinci Mitsubishi, altıncı Perkins, yedinci ise Guascor'dur.

Tablo 6.45 TOPSIS Yöntemine Göre Jeneratör Önem Sıralaması

SIRALAMA	ALTERNATİFLER	ÖNEM DERECELERİ
1	Yanmar	%69.3
2	Cummins	%67.9
3	CAT	%61.7
4	Daihatsu	%56
5	Mitsubishi	%45.5
6	Perkins	%33.2
7	Guascor	%22.5

6.6.3. PROMETHEE Uygulaması

6.6.3.1. Ana Makine PROMETHEE Uygulaması

İlk adım belirlenen alternatifler, kriterler, kriterlerin ağırlıkları ve alternatiflerin ilgili kriterlerle ilgili toplanan verilerinin yer aldığı veri matrisinin oluşturulmasıdır. Fakat bu tabloda tercih durumunu etkilemeyen kriterler işlem kalabalığı oluşturmaması açısından değerlendirilmemiştir. Bu yüzden ağırlıklar ile ilgili bir düzenlemeye gidilmiş ve toplamları 1 olacak şekilde normalize işlemi uygulanmıştır. Bu düzenleme sonrasında PROMETHEE adımları uygulanmıştır.

Tablo 6.46 Ana Makine PROMETHEE Veri Matrisi

Kriter	K1	K2	K3	K4	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Ağırlık(w_i)	0,125	0,125	0,052	0,052	0,296	0,042	0,174	0,077	0,011	0,045
Wartsila	4640	750	47	5,35	1000000	3	1	185	0,50	5
RRM-Bergen	4500	750	46	5,42	1200000	6	2	185	0,80	3
MAN	4500	750	51	9,17	1000000	3	1	182	0,50	5
MAK	4500	600	49	8,36	1100000	5	1	177	0,60	5
ABC	4992	720	68	10,30	800000	2	2	184	0,60	4
Daihatsu	4413	600	67	5,86	625000	1	2	181	0,70	2
Niigata	4320	720	38	5,56	1050000	4	3	183,3	0,80	1

İkinci aşama kriterler için tercih fonksiyonlarının belirlenmesidir. Marka güvenirliği ve bakım masrafları kriteri dışındaki kriterlerde kullanılan veriler nümerik ve sürekli veriler olduğu için 5. Tip lineer fonksiyon ile değerlendirme yapılmıştır. Kalan iki kriterde ise kategorik değerler yani kullanılan sayı değerleri gerçek değerleri değil bir anlam ifade ettiği için 1. Tip olağan fonksiyon ile değerlendirme yapılmıştır. Kullanılan fonksiyonlar ve parametreler da verilmiştir. Tercih fonksiyonlarının ve parametrelerin belirlenmesi PROMETHEE programı için kullanılan Visual PROMETHEE ile yapılmıştır.

Üçüncü aşamada tercih fonksiyonları dikkate alınarak her kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılmış ve ortak tercih fonksiyonları belirlenmiştir. Bu değerlendirme yapılırken minimizasyon ve maksimizasyon dikkate alınarak işlem yapılmıştır.

Dördüncü aşamada ortak tercih fonksiyonları kullanılarak alternatiflere ilişkin tercih indeksleri belirlenmiştir. Bu değerlendirme Excel yardımıyla yapılmıştır. Tercih indekslerinin yer aldığı veriler Tablo 6.48 ‘de verilmiştir.

Tablo 6.47 Ana Makine Kriter Tercih Fonksiyonları Ve Parametre Tablosu

Kriter	Max-Min	Fonksiyon Tipi	Parametreler	
			P	Q
Güç	Max	5. Tip (Lineer)	432	197
Devir	Max	5. Tip (Lineer)	137	63
Ağırlık	Min	5. Tip (Lineer)	21,84	8,93
Hacim	Min	5. Tip (Lineer)	4,10	1,70
İlk Yatırım Maliyeti	Min	5. Tip (Lineer)	381546	155356
Teslim Süresi	Min	5. Tip (Lineer)	3,00	1,00
Marka Güvenirliği	Min	1.Tip(Olağan)	-	-
Yakıt Tüketimi	Min	5. Tip (Lineer)	5,60	2,36
Yağ Tüketimi	Min	5. Tip (Lineer)	0,25	0,10
Bakım Masrafları	Max	1.Tip(Olağan)	-	-

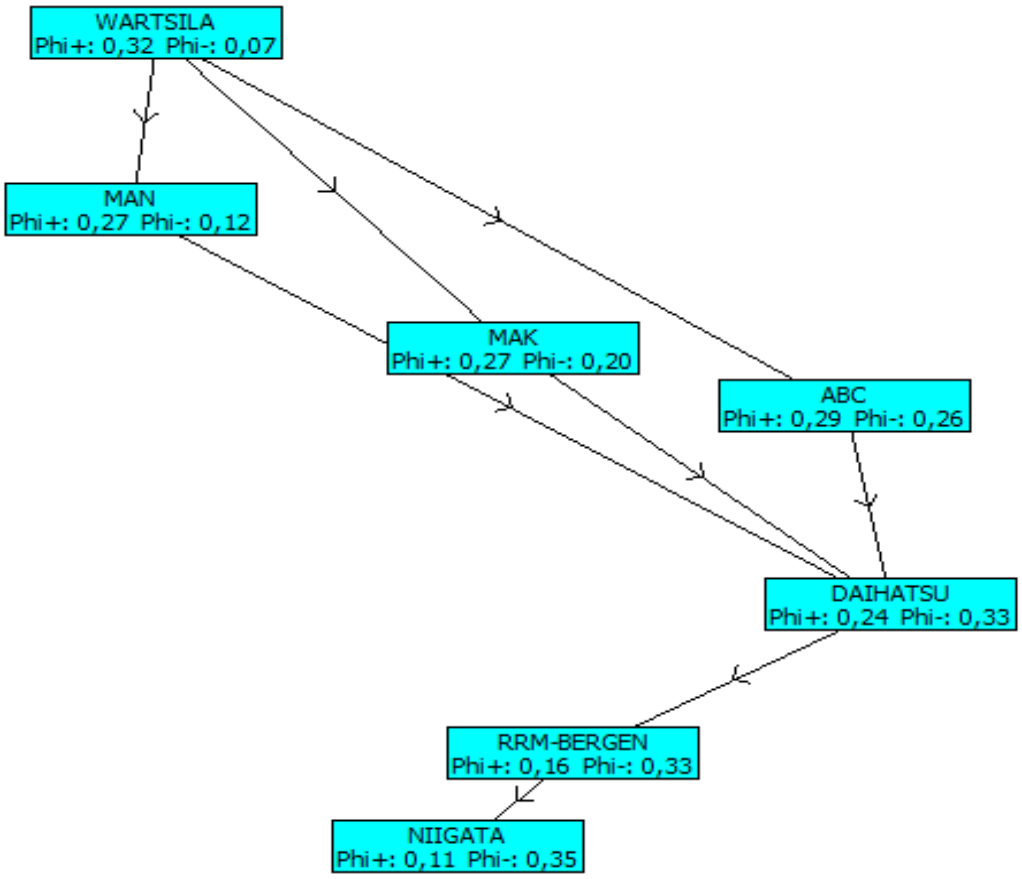
Tablo 6.48 Ana Makine Tercih İndeksi

	Wartsila	RRM-Bergen	MAN	MAK	ABC	Daihatsu	Niigata
Wartsila	0,00	0,33	0,05	0,17	0,32	0,41	0,30
RRM-Bergen	0,00	0,00	0,04	0,15	0,10	0,22	0,22
MAN	0,02	0,35	0,00	0,15	0,25	0,38	0,23
MAK	0,08	0,30	0,06	0,00	0,34	0,29	0,30
ABC	0,14	0,52	0,18	0,45	0,00	0,27	0,50
Daihatsu	0,35	0,38	0,34	0,36	0,09	0,00	0,56
Niigata	0,00	0,02	0,06	0,13	0,10	0,15	0,00

Beşinci aşamada alternatifler için pozitif (ϕ^+) ve negatif (ϕ^-) üstünlük değerleri belirlenmiştir. Üstünlük değerleri Tablo 6.49'de yer almaktadır.

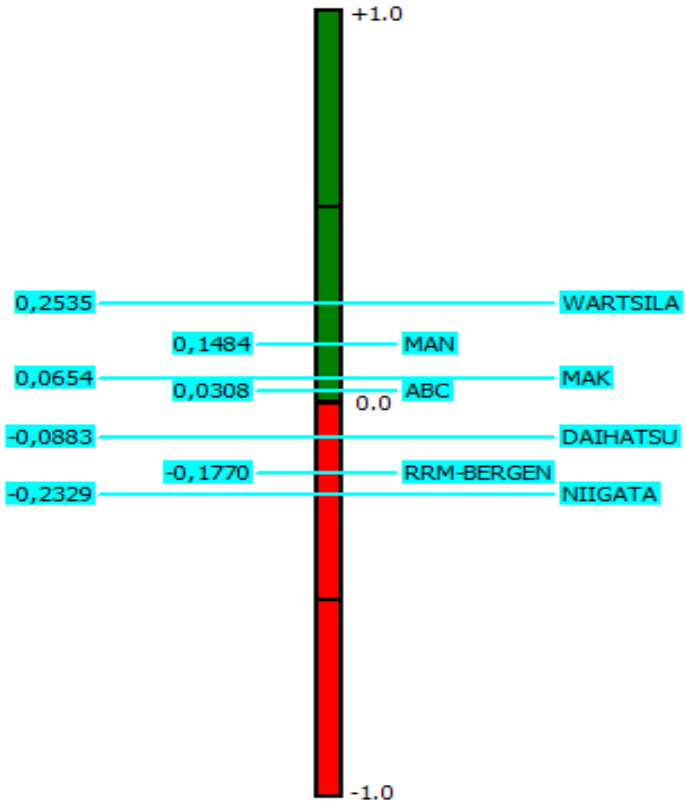
Tablo 6.49 Ana Makine Üstünlük Değerleri

	Wartsila	RRM-Bergen	MAN	MAK	ABC	Daihatsu	Niigata
ϕ^+	0,26	0,12	0,23	0,23	0,34	0,35	0,08
ϕ^-	0,10	0,32	0,12	0,24	0,20	0,29	0,35



Şekil 6.1 Visual PROMETHEE Ana Makine İçin Kısmi Sıralama

Altıncı aşamada kısmi sıralama yapılmıştır. Yapılan kısmi sıralamaya göre Wartsila en iyi makinedir. MAN, MAK ve ABC karşılaştırılamaz fakat Daihatsu marka makineye göre daha iyidir. Daihatsu'dan sonra RRM-Bergen, sıralamada en son ise Niigata marka makinedir.



Şekil 6.2. Visual PROMETHEE Ana Makine İçin Tam Sıralama

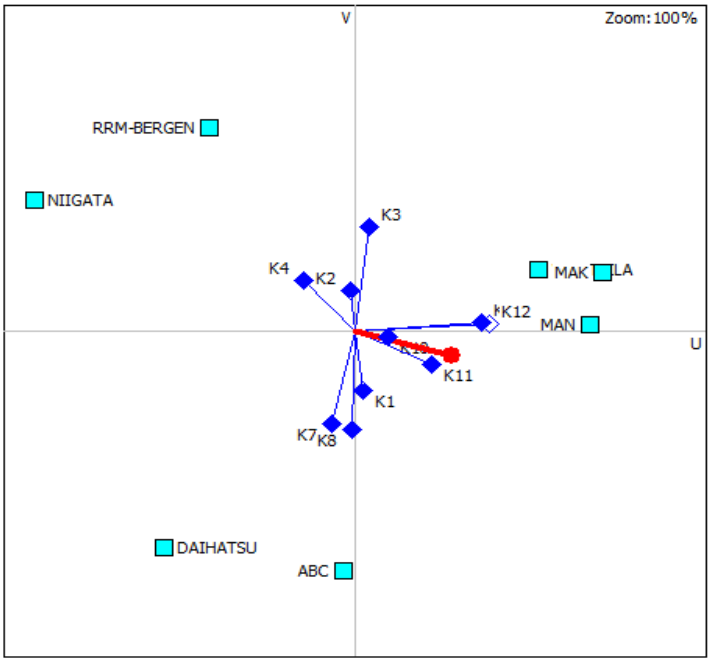
Yedinci aşamada ise tam sıralama yapılmıştır. Bu değerler pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin farkları alınarak net üstünlük değerlerinin sıralanmasıyla bulunmuştur. Bu değerler ve sıralama Tablo 6.49'da ve Şekil 'de gösterilmiştir.

Tablo 6.50 Ana Makine Tam Sıralama Tablosu

Alternatifler	ϕ	Sıralama
Wartsila	0,17	1
RRM-Bergen	-0,19	6
MAN	0,11	3
MAK	-0,01	5
ABC	0,14	2
Daihatsu	0,06	4
Niigata	-0,27	7

Yapılan tam sıralamaya göre en iyi makine Wartsila, ikinci makine ABC ,üçüncü makine MAN, dördüncü makine Daihatsu, beşinci makine MAK, altıncı makine RRM-Bergen, yedinci makine ise Niigata'dır. Visual PROMETHEE

yardımıyla yapılan tam sıralama da ise en iyi makine Wartsila, ikinci MAN, üçüncü MAK, dördüncü ABC, beşinci Daihatsu, altıncı ise Niigata'dır. Sıralamaların farklı olma sebebi ise Visual PROMETHEE'nin yuvarlatılmış değerlerle işlem yapması olabilir.



Şekil 6.3. Ana makine GAIA düzlemi görseli

6.3.2.Jeneratör PROMETHEE Uygulaması

Jeneratör için oluşturulan veri matrisinde tercih durumunu etkilemeyen kriterler aynı ana makine veri matrisindeki gibi ağırlıklar normalize edilerek işlemler yapılmıştır. Oluşturulan veri matrisi 6.51'de verilmiştir.

Tablo 6.51 Jeneratör PROMETHEE Veri Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Ağırlık(w)	0,125	0,125	0,052	0,052	0,296	0,042	0,174	0,077	0,011	0,045
CAT	995	1800	7131	15,87	250000	30	1	245	0,60	1
Cummins	920	1800	8500	19,70	220000	25	1	205	0,60	1
Perkins	920	1800	8300	23,70	185000	30	3	208	0,50	4
Mitsubishi	988	1800	8000	13,00	225000	40	2	218	0,55	3
Guascor	930	1800	9685	16,80	220000	30	3	219	0,50	4
Yanmar	750	900	12650	17,80	234000	36	1	210	0,60	2
Daihatsu	750	900	13500	17,80	190000	36	2	190	0,50	4

İkinci aşama kriterler için tercih fonksiyonlarının belirlenmesidir. Marka güvenirliği ve bakım masrafları kriteri dışındaki kriterlerde kullanılan veriler nümerik ve sürekli veriler olduğu için 5. Tip lineer fonksiyon ile değerlendirme yapılmıştır .Kalan iki kriterde ise kategorik değerler yani kullanılan sayı değerleri gerçek değerleri değil bir anlam ifade ettiği için 1. Tip olağan fonksiyon ile değerlendirme yapılmıştır.. Kullanılan fonksiyonlar ve parametreler da verilmiştir. Tercih fonksiyonlarının ve parametrelerin belirlenmesi PROMETHEE programı için kullanılan Visual PROMETHEE ile yapılmıştır. Fonksiyonların ve parametre değerleri Tablo 6.52'de verilmiştir.

Tablo 6.52 Jeneratör Tercih Fonksiyonları ve Parametreleri

Kriter	Max-Min	Fonksiyon Tipi	Parametreler	
			P	q
Güç	Max	5. Tip (Lineer)	203,05	86,77
Devir	Min	5. Tip (Lineer)	878,06	449,49
Ağırlık	Min	5. Tip (Lineer)	4827,19	1989,85
Hacim	Min	5. Tip (Lineer)	6,53	2,64
İlk Yatırım Maliyeti	Min	5. Tip (Lineer)	45246,62	17818,05
Teslim Süresi	Min	5. Tip (Lineer)	9,99	3,99
Marka Güvenirliği	Max	1.Tip(Olağan)	-	-
Yakıt Tüketimi	Min	5. Tip (Lineer)	33,34	14,00
Yağ Tüketimi	Min	5. Tip (Lineer)	0,10	0,04
Bakım Masrafları	Min	1.Tip(Olağan)	-	-

Üçüncü aşamada tercih fonksiyonları dikkate alınarak her kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılmış ve ortak tercih fonksiyonları belirlenmiştir. Bu değerlendirme yapılırken minimizasyon ve maksimizasyon dikkate alınarak işlem yapılmıştır. Ana makineden farklı olarak devir kriterinin az olması tercih edilirliği arttırdığından minimum alınarak işlem yapılmıştır.Dördüncü aşamada ortak tercih fonksiyonları kullanılarak alternatiflere ilişkin tercih indeksleri belirlenmiştir. Bu değerlendirme Excel yardımıyla yapılmıştır.

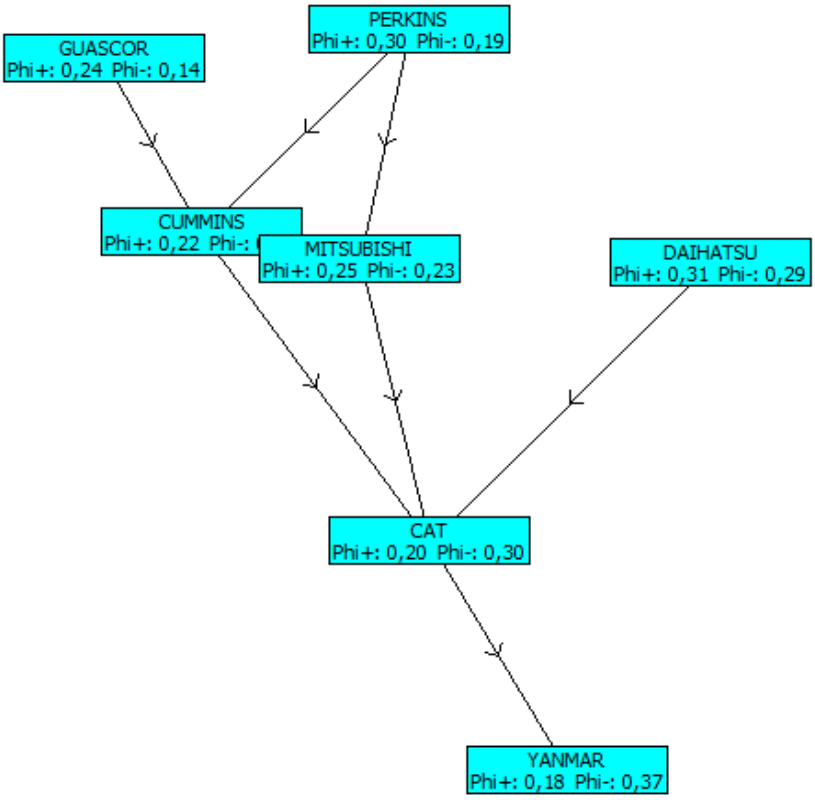
Tablo 6.53 Jeneratör Tercih İndeksi

	CAT	Cummins	Perkins	Mitsubishi	Guascor	Yanmar	Daihatsu
CAT	0,00	0,33	0,05	0,17	0,32	0,41	0,30
Cummins	0,00	0,00	0,04	0,15	0,10	0,22	0,22
Perkins	0,02	0,35	0,00	0,15	0,25	0,38	0,23
Mitsubishi	0,08	0,30	0,06	0,00	0,34	0,29	0,30
Guascor	0,14	0,52	0,18	0,45	0,00	0,27	0,50
Yanmar	0,35	0,38	0,34	0,36	0,09	0,00	0,56
Daihatsu	0,00	0,02	0,06	0,13	0,10	0,15	0,00

Beşinci aşamada alternatifler için pozitif (ϕ^+) ve negatif (ϕ^-) üstünlük değerleri belirlenmiştir. Üstünlük değerleri Tablo 6.'de verilmiştir.

Tablo 6.54 Jeneratör Üstünlük Değerleri

	CAT	Cummins	Perkins	Mitsubishi	Guascor	Yanmar	Daihatsu
ϕ^+	0,26	0,12	0,23	0,23	0,34	0,35	0,08
ϕ^-	0,10	0,32	0,12	0,24	0,20	0,29	0,35



Şekil 6.4. Visual PROMETHEE Jeneratör İçin Kısmi Sıralama

Altıncı adım da bulunan pozitif ve negatif üstünlük değerlerine göre kısmi sıralama yapılmıştır. Bu verilere göre Perkins marka jeneratör en iyi makinedir. CAT ise en az tercih edilir makinedir. Diğer modeller ise karşılaştırılamaz. Visual PROMETHEE ile yapılan kısmi karşılaştırma sonucu ise

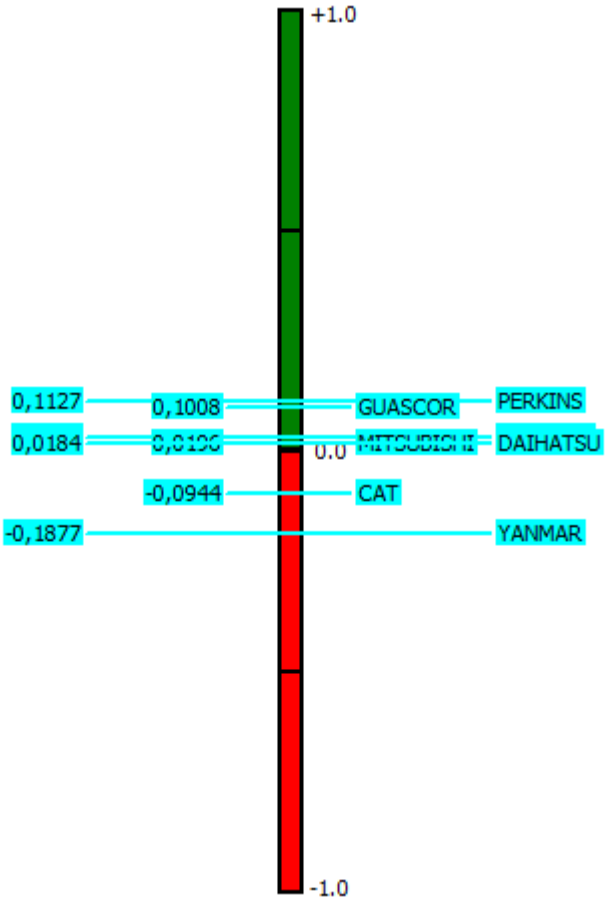
Şekil 'de yer almaktadır. Buna göre Perkins ve Guascor marka jeneratörler en iyi jeneratördür fakat kendi aralarında kıyas yapmak mümkün değildir. Cummins, Mitsubishi ve Daihatsu kendi aralarında karşılaştırılamaz fakat CAT ve Yanmar marka jeneratöre göre daha iyidir. CAT ise Yanmar marka jeneratörden daha iyi bir makinedir.

Yedinci adım ise tam sıralamadır. Tam sıralama net ϕ değerlerine göre yapılmıştır. Değerlerin ve sıralama Tablo 6.55‘de yer almaktadır.

Tablo 6.55 Jeneratör Tam Sıralama Tablosu

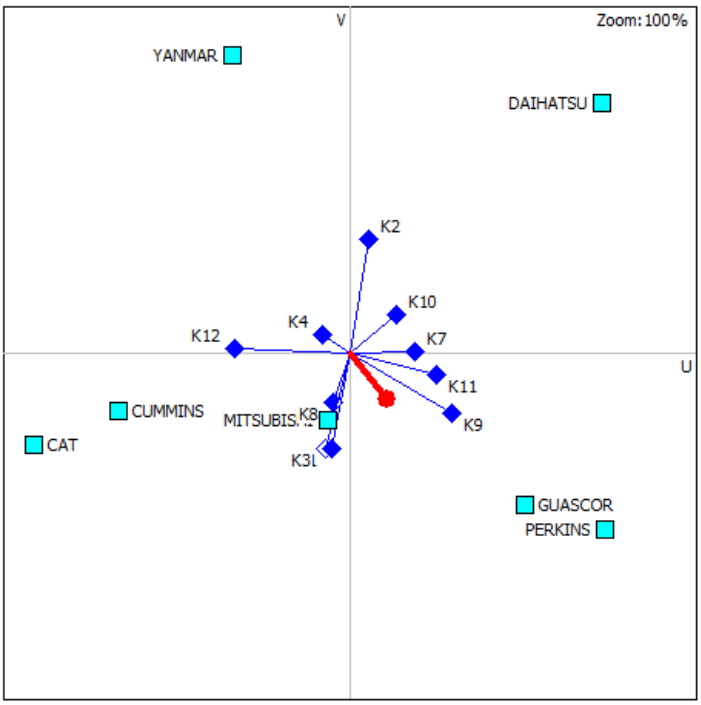
	ϕ	Sıralama
CAT	0,27	7
Cummins	0,08	5
Perkins	0,30	1
Mitsubishi	0,01	4
Guascor	0,10	3
Yanmar	0,23	6
Daihatsu	0,18	2

Bu tabloya göre en iyi makine Perkins, ikinci Daihatsu, üçüncü Guascor, dördüncü Mitsubishi, beşinci Cummins, altıncı Yanmar, yedinci ise CAT marka jeneratördür.



Şekil 6.5 Visual PROMETHEE Jeneratör İçin Tam Sıralama

Visual PROMETHEE ile yapılan tam sıralama sonucunda en iyi makine PERKINS, ikinci makine Guascor, üçüncü makine Cummins, dördüncü makine Mitsubishi, beşinci makine Daihatsu, altıncı makine CAT, yedinci makine ise Yanmar'dır.



Şekil 6.6 Jeneratör GAIA düzlemi görseli

7.SONUÇ ve ÖNERİLER

Karşılaşılan her problem karşısında doğru karar verme çok önemlidir. Problem birçok ölçüte dayandığında ve birçok alternatif arasından yapılmak istendiğinde daha karışık bir hal almaktadır. İşte bu durumda çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden yararlanıp en uygun çözüm bulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada NB 25 Wartsila dizaynı balıkçı gemisi projesi için uygun ana makine ve jeneratör seçimi ele alınmıştır. Bu seçim çok kriterli karar verme yöntemleri olan AHP, TOPSIS ve PROMETHEE ile yapılmıştır. Karar probleminin amacı uygun ana makine ve jeneratör seçimidir. Bu seçim 12 kritere göre yedi ana makine ve yedi jeneratör arasından yapılmıştır. Makine ve jeneratörlerin marka ve modeline karar verilmesi projeye uygun veri aralıklarına sahip olması şartıyla sağlanmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak alanında uzman mühendisler ve literatürdeki çalışmalar ışığında kriterlere karar verilmiş ve bu kriterler önem sıralamasına göre sıralanmıştır. Daha sonra kriterler ikili karşılaştırma matrisleriyle karşılaştırılıp ağırlık değerleri bulunmuştur. AHP yöntemine göre işlem sırası yapılıp karşılaştırma sonuçları elde edilmiştir. TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinde ilk yöntemde elde edilen ağırlık değerleri kullanılmıştır.

İkinci olarak TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Önce karar matrisi oluşturulup karar matrisi normalleştirilmiştir. Daha sonra ağırlıklı karar matrisi oluşturulup pozitif ve negatif ideal çözümler oluşturulmuştur. Bu adımda kriterlerin maksimum ya da minimum değerlendirilmesine göre ideal çözümler bulunmuştur. Daha sonra ayırım ölçüleri hesaplanıp ideal çözüme göreli yakınlık değerleri bulunmuştur. Sıralama ideal çözüme göreli yakınlık değerlerine göre yapılmıştır.

Son olarak PROMETHEE yöntemi uygulanmıştır. İlk olarak veri matrisi oluşturulmuştur. İkinci adımda her kriter için tercih fonksiyonları belirlenmiştir. Bu adımda Visual PROMETHEE programından yararlanılmıştır. Üçüncü adımda alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılmış ve ortak tercih fonksiyonları oluşturulmuştur. Dördüncü aşamada tercih indeksleri belirlenip ardından pozitif ve negatif üstünlük değerleri hesaplanmıştır. Pozitif ve negatif üstünlük değerlerine göre kısmi sıralama yapılmıştır.Net üstünlük değerleri bulunarak da tam sıralama yapılmıştır. Bu işlemler hem Excel hem de Visual PROMETHEE ile yapılıp karşılaştırma imkanı elde edilmiştir.

Uygulama sonucu elde edilen veriler şöyledir. Öncelikle ana makine seçim problemini ele alırsak bulunan sıralama sonuçları Tablo 7.1‘de verilmiştir.

Tablo7.1 Ana Makinenin Farklı Yöntemlere Göre Karşılaştırılması

Alternatif	AHP	TOPSIS	PROMETHEE
Wartsila	1	2	1
RRM-Bergen	6	6	6
MAN	2	3	2
MAK	3	5	3
ABC	5	4	4
Daihatsu	4	1	5
Niigata	7	7	7

Bulunan sıralama sonuçları birbirlerine büyük oranda benzerlik göstermektedir. Wartsila, marka makine AHP ve PROMETHEE yöntemlerinde de ilk sırada, TOPSIS yönteminde de ikinci sıradadır. RRM-Bergen marka makine tüm yöntemlerde altıncı sıradadır. MAN marka makine AHP ve PROMETHEE de ikinci sırada TOPSIS sonucu üçüncü bulunmuştur. MAK marka makine AHP ve PROMETHEE sonucu üçüncü TOPSIS sonucu beşinci sıradadır. ABC, TOPSIS ve PROMETHEE sonucu dördüncü, AHP sonucu beşinci sıradadır. Daihatsu, AHP sonucu dördüncü, TOPSIS sonucu birinci, PROMETHEE sonucu beşinci sıradadır. Niigata ise tüm yöntemler sonucu yedinci sıradadır. Sonuçların birbirine yakın çıkması tutarlı olduğunun ve uygulanabilir olduğunun göstergesidir.

Jeneratör seçim probleminin sonuçları ise Tablo 7.2‘de verilmiştir.

Tablo 7.2 Jeneratörün Farklı Yöntemlere Göre Karşılaştırılması

Alternatif	AHP	TOPSIS	PROMETHEE
CAT	6	3	7
Cummins	4	2	5
Perkins	1	6	1
Mitsubishi	5	5	4
Guascor	3	7	3
Yanmar	7	1	6
Daihatsu	2	4	2

Bulunan sıralama sonuçları bazı modeller için büyük benzerlik gösterirken bazı modeller için büyük farklılık sergilemektedir. CAT, AHP sonucu altıncı, TOPSIS

sonucu üçüncü, PROMETHEE sonucu yedinci sıradadır. Cummins, AHP sonucu dördüncü, TOPSIS sonucu ikinci, PROMETHEE sonucu beşinci sıradadır. Perkins, AHP ve PROMETHEE sonucu birinci sırada, TOPSIS sonucu altıncı sıradadır. Mitsubishi, AHP ve TOPSIS sonucu beşinci sırada, PROMETHEE sonucu dördüncü sıradadır. Guascor, AHP ve PROMETHEE sonucu üçüncü, TOPSIS sonucu yedinci sıradadır. Yanmar, AHP sonucu yedinci, TOPSIS sonucu dördüncü, PROMETHEE sonucu ikinci sıradadır. Daihatsu ise AHP ve PROMETHEE sonucu ikinci sırada, TOPSIS sonucu dördüncü sıradadır. Bu sonuçlara göre AHP ve PROMETHEE yöntemlerinin birbirleriyle daha tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu çalışmanın eksik yanları ise şöyle sıralanabilir. Tek proje üzerinde uygulama yapılması araştırmanın en büyük kısıtıdır. Bulunan sonuçlar genel olarak bir bulguya ulaştırmamaktadır. Karşılaştırılan marka ve modeller sadece bir projeye uygun olarak seçilmiştir. Bu yüzden yapılan AHP, TOPSIS ve PROMETHEE sonuçları her zaman benzer benzerlikte çıkmayabilir. Bundan sonraki araştırmacılar bu sorunun üzerinde yoğunlaşabilir. Gelecek zamanlardaki araştırmalarda genel bir sonuç elde edilebilirse sektörde geminin ana damarını oluşturan makine ve jeneratör seçimi en verimli şekilde gerçekleştirilmesine katkıda bulunulmuş olur.

KAYNAKÇA

1. Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi.* İstanbul: Türkmen Kitabevi.

2. Üçok, C. (1988). *Yönetim İlkeleri.* Ankara.

3. Özyörük, B., & Özcan, E. C. (2008). Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması:Otomotiv Sektöründen Bir Örnek. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi*, s. 133-144

4. Koçel, T. (2001). *İşletme Yöneticiliği.* İstanbul: Beta Yayın Dağıtım A.Ş.

5. Esen, H. (1998). İşletme Yönetiminde Sistem Yaklaşımı. Alfa Basım Yayım Dağıtım.

6. Demir, M., & Gümüşoğlu, Ş. (1988). Yönetsel Karar Verme. İzmir.

7. Canhasi, E. (2010, Mayıs). Analitik Hiyerarşi Süreci. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

8. Saaty, T. (1994). How To Make A Decision:The Analytic Hierarchy Process. Interfaces, s. 19-43.

9. İstemi, J. (2006, Haziran). Personel Seçiminde Analitik Hiyerarşi Metodunun Kullanılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi.

10. Tezcan, Ö. (2010, Ocak). İnşaat Proje Yatırımlarının Değerlendirilmesinde AHP Yönteminin Kullanılması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

11. Timor, M. (2010). Yöneylem Araştırması. İstanbul: Türkmen Kitabevi.

12. Aydın, G. (2008). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulanması. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

13. Kocamustafaoğulları, E. (2007). Çok Amaçlı Karar Verme Semineri. 12 13, 2013 tarihinde http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Cok_Amacli_Karar_Verme.pdf adresinden alındı

14. Kuruüzüm, A., & Atsan, N. (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, s. 83-105.

15. Rençber, Ö. F. (2010). Büyük Çaplı Projelerde Karar Verme:Analitik Hiyerarşi Süreci Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü.

16. Saaty, T. L. (2006). Fundamentals of Decision Making And Priority Theory With The Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh: RWS Publications.

17. Subaşı, H. (2011). Çok Kriterli Karar Vermede Kullanılan TOPSIS ve AHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme A.B.D Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.

18. Özcan, M. (2012). AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Personel Seçimi Sürecindeki Etkililiğinin Karşılaştırılması:Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi İşletme A.B.D. Üretim Yönetimi Ve Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.

19. Brans, J.-P., & Mareschal, B. (2005). Promethee Methods. J. Figuera, S. Greco, & M. Ehrgott içinde, Multiple Criteria Decision Analysis:State Of The Art Surveys (s. 163-195). Kluwer Academics.

20. Murat, G., & Çelik, N. (2007). Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Otel İşletmelerinde Hizmet Kalitesini Değerlendirme:Bartın Örneği. ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 3(6), 1-20.

21. Dağdeviren, M., Akay, D., & Kurt , M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 131-138.

22. Oğuzlar, A. (2007). Analititk Hiyerarşi Süreci İle Müşteri Şikayetlerinin Analizi. Akdeniz İİBF Dergisi, 122-134.

23. Sezer, H., & Saatçioğlu, Ö. (2008). Düzenli Hat Taşımacılığında Nakliye Müteahhidinin Gemi Operatörü Seçimine Çok Kriterli Karar Destek Yaklaşımı. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 19-46.

24. Soba, M. (2012). Promethee Yöntemi Kullanılarak En uygun Panelvan Otomobil Seçimi Ve Bir Uygulama. Journal Of Yasar University, 4708-4721.

25. Özgüven, N. (2012). Promethee Sıralama Yöntemi İle Özel Alışveriş Siteleri Üzerine Bir Çalışma. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 196-201.

26. Supçiller, A. A., & Çapraz , O. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. Ekonometri Ve İstatistik, 1-22.

27. Saat, M. (2000). Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi. Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 149-162.

28. Günden, C., & Miran , B. (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çiftçi Kararlarının Analizi . Ege Üniv.Ziraat Fak. Dergisi, 195-204.

29. Eraslan, E., & Algün , O. (2005). İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı. Gazi Üniv.Müh. Mim.Fak. Dergisi, 95-106.

30. İç, Y. T., & Yurdakul, M. (2000). Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemini Kullanan Bir Kredi Değerlendirme Sistemi. Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Dergisi, 1-14.

31. Toksarı, M. (2007). Analitik Hiyerarşi Prosesi Yaklaşımı Kullanılarak Mobilya Sektörü İçin Ege Bölgesi'nde Hedef Pazarın Belirlenmesi. Yönetim Ve Ekonomi, 171-180.

32. Güngör, İ., & Didar Büyüker, İ. (2005). Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi. ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 21-33.

33. Albayrak, B. (2000, Haziran). Gemilerde Ana Makine Olarak Kullanılan Dizel Motorları Ve Bu Konudaki Gelişmelerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

34. Herişçakar, E. (1999). Gemi Ana Makina Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulanması. Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi . İstanbul: Yapım Matbaacılık Ltd.

35. Küçükşahin, F. (2000). Gemi Makineleri. İstanbul: Güven Kitabevi.

36. Küçükşahin, F. (2008). Dizel motorları: Gemi Dizel Makinelerinin Yapıları ve Çalışma İlkeleri. İstanbul: Birsen Yayınevi.

37. Küçükşahin, F. (1999). Dizel Motorları. İstanbul: Güven Kitabevi.

38. Küçükşahin, F. (2000). Gemi Elektriği. İstanbul: Akademi Denizcilik.

39. Bulut, K. (2009). Türkiye'de Kullanılan Ulaştırma Modlarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.

40. Yurdakul, M., & İç, Y. T. (2003). Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(1), s. 11.

41. Macharis, C., Springael, J., Brucker, K. D., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP:The Design Of Operational Synergies in Multicriteria Analysis.Strengthening PROMETHEE With İdeas of AHP. European Journal Of Operational Research(153), s. 307-317.

42. Kücü, H. (2007, Temmuz). Yüksek Lisans Tezi. PROMETHEE Sıralama yöntemi ile Personel Seçimi ve Bir İşletmede Uygulanması. Ankara: Gazi Üniversitesi.