İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON

# GEMİ ANA MAKİNE SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnş. Ve Gemi Mak. Müh. Serdar YARAŞ
508940007011

100561

100561

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Temmuz 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Temmuz 1999

Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Ateş ÖZGE

Doç. Dr. Osman Azmi ÖZSOYSAL

TEMMUZ 1999

# ÖNSÖZ

Bu araştırmanın daha sonra yapılacak çalışmalara iyi bir zemin olması ve bu konuda daha ileri çalışmaların yapılmasında faydası olması benim için büyük gurur vesilesi olacaktır.

Bu çalışmada öncelikle yardımları için danışmanım Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI' ya, her türlü yardımı yapan ve zamanını esirgemeyen Yük. Müh. Aykut ÖLÇER' e, desteğini esirgemeyen Sn. Yaşar GÜL' e, anlayışları ve destekleri için Delta Denizcilik A.Ş.' ne, aileme ve Sn. Arzu GENÇ' e çok teşekkür ederim.

12.Temmuz.1999

Gemi İnş. ve Mak. Müh.

Serdar YARAŞ

## İÇİNDEKİLER

**ÖNSÖZ** ..... II

**İÇİNDEKİLER** ..... V

**KISALTMALAR** ..... VI

**TABLO LİSTESİ** ..... VII

**ŞEKİL LİSTESİ** ..... IX

**GEMİ ANA MAKİNE SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN UYGULAMASI** ..... X

ÖZET ..... X

**THE APPLICATION OF MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING FOR A MERCHANT SHIP MAIN ENGINE SELECTION PROBLEM** ..... XII

SUMMARY ..... XII

**1. GİRİŞ** ..... 1

**2. ÇOK ÖZELLİKLİ KARAR VERME** ..... 3

2.1 GENEL ..... 3

2.2 KRITER TÜRETME VE AĞIRLIK DAĞILIMI ..... 4

2.2.1 Kriter türetme ..... 4

2.2.2 Kriterlerin ağırlık dağılımı ..... 5

2.2.3 Nitel verilerin nicel hale dönüştürülmesi ..... 8

2.3 VERI ÇEŞITLERI ..... 9

2.4 NORMALIZASYON ..... 10

2.5 TAMAMLAYICI OLMAYAN YÖNTEMLER ..... 12

2.5.1 Baskınlık ..... 12

2.5.2 Tatmin yöntemleri ..... 14

2.5.3 Sıralı eleme yöntemleri ..... 14

2.5.4 Davranışa yönelik yöntemler ..... 15

2.6 SKORLAMA YÖNTEMLERI ..... 15

2.6.1 Yalın toplamsal ağırlıklandırma (SAW) ... 16
2.6.2 Ağırlık çarpım yöntemi ... 19
2.7 TOPSIS ... 21
2.7.1 Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler ... 21
2.7.2 TOPSIS ... 22
2.7.3 SWOT analizi (TOPSIS) ... 24
2.8 ELECTRE ... 25
2.8.1 Üstünlük ilişkisi (outranking relationship) ... 25
2.8.2 ELECTRE ... 28
2.8.3 Tamamlayıcı analiz ... 33
2.8.4 SWOT analizi (ELECTRE) ... 34
2.9 NITEL DATALAR İÇIN YÖNTEMLER ... 35
2.9.1 Medyan sıralaması yöntemi ... 35
2.9.2 AHP hiyerarşik SAW yöntemi ... 38
2.9.3 SWOT analizi (AHP) ... 42
2.10 GRUP KARAR VERME ... 43
2.10.1.Genel formülasyon ... 44
2.10.2 Ordinal yaklaşım ... 45
2.10.3 Sayısal yaklaşım ... 54
2.11 DAĞILIMLAR: MERKEZI EĞILIM ÖLÇÜLERI ... 58
2.11.1 Dağılım kavramı ... 58
2.11.2 Merkezi eğilim ölçüleri ... 58

**3. YÖNTEM ... 67**

3.1 KRITERLERIN BELIRLENMESI ... 67
3.2 KRITERLERIN AĞIRLIKLANDIRILMASI ... 68
3.3 ALTERNATIFLERIN DEĞERLENDIRILMESI ... 72
3.4 AĞIRLIKLANDIRILMIŞ NORMALIZE BIREYSEL KARAR MATRISI ... 73
3.5 AGREGASYON ... 74

**4. UYGULAMA ... 78**

4.1 KRITERLERIN BELIRLENMESI ... 80
4.2 KRITERLERIN AĞIRLIK DAĞILIMLARININ BULUNMASI ... 87
4.3 İKI ANA MAKINA ALTERNATIFININ DEĞERLENDIRILMESI ... 92
4.4 ELDE EDILEN VERILERIN DEĞERLENDIRMESI VE SONUÇ ... 97

**5. BİLGİSAYAR YAZILIMI ... 102**

5.1 KURULUM ... 102
5.2 ANA MENÜ ... 103

5.3 ALTERNATIFLER (ALTERNATIVES) ..... 103
5.4 KRITERLER (ATTRIBUTES) ..... 104
5.5 UZMANLAR (EXPERTS) ..... 104
5.6 ALTERNATIFLERIN DEĞERLENDIRILMESI (ALTERNATIVE RATING) ..... 104
5.7 KRITERLERIN DEĞERLENDIRILMESI (ATTRIBUTE RATING) ..... 106
5.8 HESAP (CALCULATION) ..... 107
**6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA ..... 108**
**KAYNAKLAR ..... 109**
**EKLER ..... 110**
**ÖZGEÇMİŞ ..... 122**

## KISALTMALAR

**MADM** : Çok Özellikli Karar Verme (Multiple Attribute Decision Making)

**MCDM** : Çok Kriterli Karar Verme (Multiple Criteria Decision Making)

**MODM** : Çok Amaçlı Karar Verme (Multiple Objective Decision Making)

**ÇÖKV** : Çok Özellikli Karar Verme

**KV** : Karar Verici

**SFOC** : Özgül Yakıt Harcaması (Spesific Fuel Oil Consumption)

**SLOC** : : Özgül Yağ Harcaması (Spesific Lub. Oil Consumption)

**USD** : Amerikan Doları

**NGT** : Nominal Group Technique

# TABLO LİSTESİ

Tablo 1 Kriterlerin İkili Karşılaştırması ..... 6

Tablo 2 Monoton Olmayan Kriterler İçin Z Skorunun Hesaplanması ..... 12

Tablo 3 Yedi Üretim Sahasına Ait Karar Matrisi ..... 13

Tablo 4 Avcı Uçağı Seçimi Karar Matrisi. ..... 18

Tablo 5 Spor Yurdu Problemine Karar Matrisi ..... 28

Tablo 6 Üstünlük İlişkilerinin Kurulması ..... 32

Tablo 7 Üç Otomobil Seçimi Problemi İçin Nitel Data ..... 35

Tablo 8 Üç otomobil seçimi problemi sıralamalar ..... 35

Tablo 9 Dokuz Noktalı Duyarlılık Ölçeği ..... 41

Tablo 10 Kriterlerin İkili Karşılaştırması ..... 69

Tablo 11 Öz Değer Yöntemi İçin İkili Karşılaştırma Matrisi ..... 71

Tablo 12 Alternatif Makinelerin Dataları (Seri Bağlısı) ..... 79

Tablo 13 Alternatif Makinelerin Dataları (Silindir Sayısı Bağlısı) ..... 80

Tablo 14 Sn. M. Akaltan' ın Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt ..... 88

Tablo 15 Sn. D. Alper' in Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt ..... 88

Tablo 16 Sn. M. Koncavar' ın Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt ..... 89

Tablo 17 Sn. C. Koru' nun Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt ..... 89

Tablo 18 Sn. A. Okay' ın Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt ..... 90

Tablo 19 Sn. M. Aksoy' un Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt ..... 91

Tablo 20 Sn. Y. Gül' ün Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt.....91

Tablo 21 Sn. S. Ürkmez' in Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt.....92

Tablo 22 Sn. M. Aksoy' un Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....93

Tablo 23 Sn. M. Akaltan' ın Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....93

Tablo 24 Sn. D. Alper' in Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....93

Tablo 25 Sn. M. Koncavar' ın Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....94

Tablo 26 Sn. C. Koru' nun Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....94

Tablo 27 Sn. A. Okay' ın Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....95

Tablo 28 Sn. Y. Gül'in Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....95

Tablo 29 Sn. S. Ürkmez'in Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt.....96

# ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Çok Özellikli Karar Verme Yöntemlerinin Ayrımı ..... 3

Şekil 2 Kriterlerin Hiyerarşik Dallanması ..... 4

Şekil 3 Beş Noktalı Duyarlılık Ölçeği ..... 9

Şekil 4 Baskınlık Diyagramı ..... 14

Şekil 5 Avcı Uçağı Seçimi Kriter Ağacı ..... 17

Şekil 6 Avcı Uçağı Seçiminde Kriter Ağırlıkları ..... 19

Şekil 7 İki Boyutlu Uzayda Pozitif İdeal Ve Negatif İdeal Çözümlere Öklid Uzaklıkları ..... 22

Şekil 8 Sekiz Alternatifin Üstünlük İlişkileri (Outranking Relationships) ..... 26

Şekil 9 Kernel ..... 27

Şekil 10 Macar Algoritması' nın Uygulanması ..... 38

Şekil 11 Kariyer Seçimi İçin Hiyerarşi ..... 39

Şekil 12 Değerlendirme Aşamasında Grup Karar Verme Prosesi ..... 44

Şekil 13 İki Eksperli Bir Agregasyon ..... 75

Şekil 14 Geliştirilen Yöntemin Şematik Gösterimi ..... 77

Şekil 15 Gemi Ana Makine Seçimi Probleminde Kriter Ağacı ..... 86

Şekil 16 Kriterlerin Tekrar Sayıları ..... 97

Şekil 17 Eksperlere Göre Kriterlerin Ağırlıkları ..... 99

Şekil 18 Eksperlerin Kriterleri Değerlendirmeleri ..... 99

Şekil 19 Kriterlerin Karara Etkileri ..... 100

Şekil 20 Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi..... 106

# GEMİ ANA MAKİNE SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN UYGULAMASI

## ÖZET

Bu çalışmada, ticari gemilerin ana makine seçiminde Çok Özellikli Karar Verme Yöntemleri incelenerek bir karar algoritması geliştirilmesi amaç edilmiştir. Başlangıçta problemin analizi yapılmış, çözüm için Çok Özellikli Karar Verme Yöntemleri ve Grup Karar Verme Yöntemleri araştırılmış, çeşitli metotların uygun özelliklerinden yararlanılarak sonuçta kullanılacak yöntem tespit edilmiş ve bu yöntemin uygulaması olan bir bilgisayar programı yazılarak problem çözülmüştür.

İlk olarak problemin tanımı ve analizi ile işe başlanmış, Delta Denizcilik Tarafından 1997-1999 yılları arasında projesi üretilmiş olan üç adet 6500 DWT' luk eş kimyasal tankere ana makine seçimi problem olarak belirlenmiştir. Bu gemilere ve daha sonra başka gemilere ana makine seçimi için geliştirilecek yöntemin, bu konuda uzman kişilerin görüşlerinin modellenmesi ile ortaya çıkacağı sonucuna varılmıştır. Yani problem, farklı değerlendirme ve yaklaşımları olan birden fazla uzmanın görüşlerinin alındığı ve bu görüşlerin eksperlerin ağırlıklarına göre karara etkidiği bir modelin kurulması olarak analiz sonucunda belirmiştir.

Geliştirilen yöntemde, her eksperden kendi yaklaşımına göre kriterlerin değerlendirmeleri alınarak kriterlerin eksper bazında ağırlıkları hesaplanır. Bununla beraber eksperlerden alternatiflerin değerlendirmeleri de alınır. Bu değerlendirmeler karar matrisi formuna dönüştürüldükten sonra, karşılaştırmalarda kullanılabilmesi amacıyla vektörel normalizasyon yöntemi kullanılarak normalize edilirler. Eksperlerin karar matrislerinde toplanan ve ayrı-ayrı olan görüşlerini tek bir karar matrisi haline dönüştürmek amacıyla, Grup Karar Verme başlığı altında çeşitli agregasyon yöntemleri incelenmiş, sonuçlar SWOT Analizi ile değerlendirilmiştir. Dağılımlar ve merkezi eğilim ölçülerinin de genel olarak incelendiği bu bölüm sonunda, eksperlerin kendilerine ait olan karar matrisleri kullanılarak, karara etkileri oranlarının dikkate alınıp, görüşlerinin toplandığı tek bir kollektif karar matrisi oluşturulmaktadır. Bunu açmak gerekirse, bir önceki adımda hesaplanan kriter ağırlık dağılımı ile oluşturulan karar matrislerinin çarpımları sonucunda elde edilen ağırlıklı bireysel karar matrislerinin, eksperlerin ağırlık dağılımı göz önüne alınarak ağırlıklı

ortalamaları alındığında kollektif karar matrisi elde edilerek problemin birinci aşaması bitirilmiş olur.

İkinci adımda, birinci adımın sonucu olarak ortaya çıkan kollektif karar matrisinin çözüm algoritması incelenmiştir. Çok Özellikli Karar Verme konuları arasında yapılan araştırma ve değerlendirme sonunda TOPSIS metodu çözüm için uygun bulunan algoritma olarak ortaya çıkmıştır.

Buna paralel olarak yürütülen vaka çalışmasında, yapılan anketlerle aşağıda adı geçen uzmanların görüşlerine başvurularak, ana makine seçiminde göz önüne alınması gereken kriterlerin ortaya çıkarılmasına başlanmıştır. Genel olarak uzmanların görüşlerinden derlenen kriterler, düzenlenip, hiyerarşi ağacı yapılarak amaca uygun, kurulan modelde eksik bırakmayacak şekilde düzenlenmişlerdir.

Uzman kişiler alfabetik sırayla, Sn Mehmet AKSOY (Armatör), Sn. Mahmut Akaltan (Desan Tersanesi Danışmanı, Eski Pendik Sulzer Makine Fabrikası Müdürü), Sn. Doğan Alper (Gemi İnş. Mak. Yük. Müh.), Sn Taşkın Çili (Gesa Genel Müdürü), Sn. Yaşar Gül (Delta Denizcilik Aş. Genel Müdürü), Sn. Metin Koncavar (Gerçel Marine Satış Müh.), Sn. Celal Koru (TGS Dış İlişkiler Şube Müdürü), Sn. Ergün Latifoğlu (Desan Tersane' si İşletme Müdürü), Sn, Abdülkadir Okay (Gemi Mak. İşl. Müh., Antares Denizcilik Satış Müh.), Sn. Cimilo Rodriguez (Marpetrol inspektörü), Sn. Erol Sağbaş (Armatör), Sn. Bülent Şener (Emlak Bankası), Sn. Sualp Ürkmez (Armatör)' dir.

Vaka Çalışmasının ikinci kısmında eksperlerden yukarıda anlatıldığı gibi kriter değerlendirmeleri ve alternatif değerlendirmeleri alınarak yine bu çalışma çerçevesinde Visual Basic 5.0 Professional Edition ile yazılmış olan MADM ismli bilgisayar programına girilmiştir.

Program işletimi sırasında ara değerler ve sonuç değerler okutularak çeşitli karşılaştırma tabloları yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

# THE APPLICATION OF MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING FOR A MERCHANT SHIP MAIN ENGINE SELECTION PROBLEM


## SUMMARY

In this work, a decision algoritm is developed by studying the multiple attribute decision making which is used in choosing the main engine of merchant ships. At first, the problem is analised, then the multiple attribute decision making and the group decision making are searched for solution, the way is determined by using kinds of methods and the problem is solved after forming a computer programme as an application of the way.

First of all, work starts with making desciription and analysis of the problem. Choosing the main engines of three 6500 DWT chemical tankers, projects of which were produced by Delta Marine between 1997-1999, is designated as main problem. The way of choosing these tankers` and others` main engines is formed by the help of some people who became experts on this subject. Consequently, building a model that is made up by asking to these experts who have different ideas and approaches with variable positions on this work is aimed.

In this method, criteria weights are calculated in the base of experts` position after taking their opinion related with attribute ratings. Beside this ,alternative ratings are also gained from experts. These ratings are changed in the form of decision matrix, then they are nomalized by using vectorial normalization for comparing. In changing the different opinions of experts in their decision matrix into one decision matrix, some agregation methods are investigated, called group decision making ,and the results are examined by SWOT Analisis. At the end of this stage, in which distrubitions and measures of central tendency are also included, one collective decision martix is constituted by using every experts`decision matrix and weight of their position.

In the second step,this collective decision matrix`s solution algorithm is studied.As a result of examining multiple decision making,TOPSIS method becomes the best algorithim solving.

In this case study, the criterias, that are used for choosing the main engine, are collected by giving questionnaires to the experts. After that, hierarchy tree is structured for gaining appropriate criterias that reperesents aim of the study.

Experts are in alphabetical order: Mr Mehmet AKSOY (Ship Owner), Mr. Mahmut Akaltan (Advisor of Desan Shipyard, Ex Manager of Pendik Sulzer Engine Factory), Mr. Doğan Alper (Naval Arch. And Marine Eng. MSc.), Mr Taşkın Çili (General Manager of Gesa), Mr. Yaşar Gül (General Manager of Delta Marine), Mr. Metin Koncavar (Gerçel Marine Sales Eng.), Mr. Celal Koru (Head of Foreign Relations Dept. TSI), Mr. Ergün Latifoğlu (Operation Manager Of Desan Shipyard), Mr, Abdülkadir Okay (Marine Eng., Antares Denizcilik Sales Eng.), Mr. Cimilo Rodriguez (Superintendent of Marpetrol), Mr. Erol Sağbaş (Ship Owner), Mr. Bülent Şener (Emlak Bank), Mr. Sualp Ürkmez (Ship Owner).

Finally a computer programme which includes all above mentioned steps for decision problems is written by using VISUAL BASIC 5.0. Some comparision tables is also presentedn in the final stage.

# 1. GİRİŞ

Karar Vericiler (KV) genelde çok kriterli, çoğu zaman da birbirleri ile çelişen kriterleri olan karar problemleriyle uğraşırlar. Bu problemler, otomobil seçiminden, askeri okullara seçim konularına kadar geniş bir yelpazede karşımıza çıkmaktadırlar. Bunlara örnek verilecek olursa, bir otomobil seçimi için düşünülen kriterler,"Güvenilirlik", "Teknolojik Üstünlük", "İç Hacim" ve "Estetik" sayılabilir.

Çok Özellikli Karar Verme (MADM) eldeki çoklu ve çelişen kriterlerle tanımlanan alternatifler arasında tercih yapılması konusuna dayanır (Hwang ve Yoon, 1981). Çok Özellikli Karar Verme (MADM), Çok Kriterli Karar Verme (MCDM)' nin bir koludur. MCDM aynı zamada Çok Amaçlı; Karar Verme (Multiple Objective Decision Making - MODM)' yi de kapsamaktadır. Ancak Çok Amaçlı Karar Verme (Hwang ve Masud, 1979), Çok Özellikli Karar Verme (MADM) problemlerinden farklı olarak, birbirleri ile çelişen amaçlar kümesi ile en iyi alternatifi dizayn etmeği amaçlar. Örneğin bir gemi tasarımcısı düşünülen genel boyutlarda, en fazla konteyner taşıma kapasiteli gemiyi dizayn ederken aynı zamanda en az makine gücü gereksinimi olan gemiyi de dizayn etmek ister. İşte bu örnek, birbirleriyle çelişen amaçları olan en iyi alternatifi üretme isteği bakımından Çok Amaçlı Karar Verme konusu dahilinde olmaktadır.

Her problemin farklı karakteri vardır ancak, problemlerde değişmeyen ve ortak olan bazı noktalar vardır. Bunlar:

Alternatifler: Her problemin konusu olan sonlu sayıda alternatifler vardır. Bunlar elenir, seçilir ve sıralanırlar. Örneğin bir otomobil fabrikası yeri seçimi için birkaç alternatif varken, bir koleje öğrenci seçimi için binlerce alternatif olabilmektedir. Alternatif kelimesi yerine göre seçenek, politika, aday vb. ile eş anlamlı olmaktadır.

Çok Kriter Sayısı (Multiple Attributes): Her problemin birden çok kriteri vardır. Bunlar probleme göre değişen sayıda olmaktadırlar. Genellikle KV tarafından bu kriterler oluşturulur ve tasnif edilirler. Örnek olarak yakıt harcaması, işçilik kalitesi vb. sayılabilir. Kriter kelimesi genellikle hedef, amaç kelimeleri ile eş anlamlı olarak kullanılırlar.

Farklı Birimler: Her kriterin ölçü birimi birbirinden doğal olarak farklıdır. Örneğin, yakıt harcaması kriterinin birimi km/100 lt iken, iç hacmin birimi $dm^3$ olabilmekte ve hatta estetik gibi kriterlerin birimi olmayabilmektedir.

Kriter Ağırlıkları: Neredeyse bütün MADM yöntemleri ordinal ya da sayısal olarak verilmiş kriterlerin birbirlerine göre bağıl önem derecelerinden oluşan ağırlık dağılımına gereksinim duymaktadır.

Karar Matrisi: Her problem, çözülebilir olması bakımından matris formunda ifade edilir. Matrisin kolonları alternatiflerin değerlendirileceği kriterleri, satırları da rekabet içinde olan alternatifleri göstermektedir. Bu sebeple matrisin $x_{ij}$, elemanı, i' inci alternatifin ($A_{ij}$) j' inci kritere ( $X_j$ )göre performans değerlendirmesini göstermektedir.

# 2. ÇOK ÖZELLİKLİ KARAR VERME

## 2.1 Genel

Karar teorileri ve yöntemleri kullanıldıkları şekle göre Normatif ve Tanımsal olmak üzere ikiye ayrılır. Normatif modeller karar vericinin (KV), karar verebileceği yolu tanımlamağa çalışırlar. Bir başka deyişle bu modeller, optimal çözümlere ulaşılabilmesi için yardımcı olurlar.

Tanımsal modeller ise KV' ye karar vereceği yolu tanımlamağa çalışırlar.

Şekil 1 Çok Özellikli Karar Verme Yöntemlerinin Ayrımı

## 2.2 Kriter Türetme Ve Ağırlık Dağılımı

ÇÖKV metotları, farklı boyutlu verilerden alternatifleri karşılaştırabilecek anlamlı indeks bulmak amacına yöneliktir.

### 2.2.1 Kriter türetme

ÇÖKV uygulamaları kriter türetme ile başlar. Kriter türetirken izlenebilecek yollardan bir tanesi, kaynak araştırması ya da, bir forumda uzmanların görüşünü alarak veri toplamaktır. Bu işlem yapılırken dikkat edilecek nokta; toplanan kriterlerin istenen hedefe uygun olmasıdır. Hedefe uygun kriter türetmeyi kesin olarak sağlamak için ise, kriterleri ana hedeften hiyerarşik olarak türeterek elde etmek iyi sonuç verecek bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

İlk olarak yapılması gereken, bir ana hedef tespit etmektir. Daha sonra bu hedef kademeli olarak alt kriterlere ayrılmalıdır. Başlangıçta seçilen ana kriter genel ve soyut bir kavram iken, kademelerin altına doğru inildikçe türetilen kriterlerin birbirlerine karışmaması ve üst

Şekil 2 Kriterlerin Hiyerarşik Dallanması

seviyedekilere oranla ölçülebilir nitelikte olmasına dikkat edilmelidir.

Şekil 2, 350 kadar kriterlerin hiyerarşik türetme yoluyla üretilişini göstermektedir. Dikkat edilecek olursa, 1. Kademe ve 2. Kademe kriterler 7 sayısı ile sınırlandırılmıştır. Bu, Miller Kuramı (Miller, 1956) baz alınarak yapılmıştır. Bu kurama göre. bir gözlemcinin nesnel gözle, nesnel yaklaşımla verebileceği kriter sayısı 2 eksiği ya da fazlasıyla yedidir.

### 2.2.2 Kriterlerin ağırlık dağılımı

Ağırlık dağılımı dendiği zaman akıllara hemen kriterlerin birbirlerine göre önem sırası gelmelidir. Bu fonksiyonu bulmak KV için büyük önem taşımaktadır çünkü, kararını etkileyecek anahtar faktörlerden birisi kriterlerin ağırlık dağılımıdır. Bu sebeple, bulunacak dağılımın amacı yansıtması gerekmektedir. Kriterlerin ağırlıkları ordinal ölçütte verilebileceği gibi sayısal ölçütte de verilebilirler. Bazı ÇÖKV yönteminde KV' den istenen ağırlıkların, ordinal verilmesi daha kolay olmasına rağmen, bazı ÇÖKV yönteminde de sayısal olarak istenmektedir. Sözü geçenlerle ilgili metotlar ileriki bölümlerde anlatılacaklardır

#### 2.2.2.1 Kriterlerin sıralamasından ağırlık dağılımı elde etme

Ağırlık dağılımını çıkarmanın en kısa ve basit yolu, kriterleri önem sırasına göre dizmekten geçmektedir. Basitçe sıraya dizilen kriterler en önemliye "1", diğerlerine de daha büyük ardışık tam sayılar vermek üzere numaralandırılmağa başlanır. Diğer kriterlerin ağrılıkları, $r_j$ kriterlerin önem sıralaması olmak üzere, aşağıdaki formüllerden herhangi bir tanesi ile elde edilebilir.

$$w_j = \frac{\frac{1}{r_j}}{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{r_k}}$$

Denklem 1

$$w_j = \frac{(n - r_j + 1)}{\sum_{k=1}^{n} (n - r_k + 1)}$$

Denklem 2

1 numaralı denklemden elde edilen ağırlıklara "Karşılıklı Ağırlıklar" denir, 2 numaralı denklemden elde edilen ağırlıklara ise "Toplam Ağırlıklar" denir.

Yukarıdaki formüllerde göz önünde tutulması gereken önemli bir nokta şudur: eğer aynı önem sırasına sahip iki ya da daha fazla kriter mevcut ise bu kriterlerin önem sıraları. ardışık işgal ettikleri sıraların ortalamasının alınmasıyla belirlenir. Bu bir örnekle açıklanacak olursa; eğer iki kriter sıralamada 3. ve 4. yerleri alıyor ve önemleri eşit düşünülüyorsa, bu bu kriterlerin her ikisinin de sıralamadaki yerleri 3.5' uncu olarak düşünülür.

Yukarıdaki yöntem kullanılırken n tane kriteri aynı zamanda sıralamak sorun yaratabilir ya da doğru olmayan sonuçlara götürebilir. Morris' in 1964 yılında yaptığı çalışmasında önerdiği yol, kriterlerin ikili karşılaştırma yöntemiyle sıralarının belirlenmesidir.

Morris' in ortaya attığı metoda göre ikili karşılaştırmalarla kriterlerin hangilerinin diğerlerine göre kaç defa önemli olduğu sonucundan hareketle ağırlık dağılımı elde edilir.

Örneğin birbirine karşı değerlendirilen 5 kriter içerisinden bir tanesi diğer 4 tanesine göre de üstün olsun. Diğer bir kriter de önceki ve kendi dışındaki kriterlere, yani 3 kritere üstünlük sağlasın. Bu ikili karşılaştırmaları aşağıdaki gibi ifade edelim.

(k1>k2), (k1>k3), (k1>k4), (k1>k5),

(k2<k1), (k2>k3), (k2>k4), (k2>k5),

(k3<k4), (k3>k5) (k4>k5)

Tablo 1 Kriterlerin İkili Karşılaştırması

| | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | ΣC | SIRA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **k1** | - | o | o | o | o | 4 | 1 |
| **k2** | x | - | o | o | o | 3 | 2 |
| **k3** | x | x | - | x | o | 1 | 4 |
| **k4** | x | x | o | - | o | 2 | 3 |
| **k5** | x | x | x | x | - | 0 | 5 |

Karşılaştırmanın sonucunu bir matris halinde yazalım. Bu matriste üstün olan kriterlerin satırına "o", diğerlerine "x" koyalım. Her kriterin toplam üstünlük sayısını da ΣC olarak gösterelim. Bu durumda matris Tablo 1' deki gibi olacaktır.

Buradan kriterlerin k1, k2, k4, k3, k5 şeklinde sıralandığı sonucu çıkarılabilecektir. Yani (k1:1), (k2:2), (k3:4), (k4:3), (k5:5) sıralamalarına sahiptirler. Sıralamalar bu şekilde elde edildikten sonra ağırlık dağılımı da Denklem.1 ve Denklem.2 kullanılarak hesaplanır.

### 2.2.2.2 Öz değer yöntemi ile ağırlık dağılımı elde etme

Bu teknik, iki kriterin karşılaştırması ve birbirlerine göre önem oranlarından hareketle ağırlık dağılımı hesaplamada kullanılır. Bu tür oranlama "$x_i$ kriteri $x_j$ kriterine göre ne kadar daha fazla önemlidir?" sorusundan çıkarılabilir. Matematiksel olarak n adet kriterin birbirleriyle karşılaştırılabilmesi için (n – 1) adet ikili karşılaştırma gerekli olmaktadır. Ancak gerekli bilgi n.(n – 1)/2 adet karşılaştırmadan da elde edilebilir.

Saaty (1980) tarafından basitleştirilen Eigen Vektör Önceliklendirme Metodu aşağıda sunulmuştur.

Birinci Adım. Giriş Kodlaması: KV elde olan n.(n – 1)/2 adet ikili karşılaştırma oranını $[a_{ij}]$ matrisinin üst üçgeni ya da alt üçgeni için yapmalıdır. Bu durumda $w_i$, i' inci satırdaki kriterin bağıl ağırlığı, $w_j$' de j' inci sütundaki kriterin bağıl ağırlığı olmak üzere yukarıda konu edilen matrisin i' inci satır ve j' inci sütunundaki elemanı $a_{ij}=w_i/w_j$ olmaktadır. Buradan hareketle, j' inci satır, ve i' inci sütundaki eleman, $a_{ji}=w_j/w_i$, yani $a_{ji}=1/a_{ij}$ olmaktadır. Bu yüzden yukarıda konusu geçtiği gibi matrisin değerlendirme olarak sorulmayan diğer üçgeni, değerlendirilen üçgen için elde edilen değerlerin tersinin alınmasıyla bulunur.

$$\begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 \end{pmatrix} \end{array} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

İkinci Adım. Hesap: Yukarıda elde edilen matrisin satırlarının geometrik ortalaması alınır, elde edilen vektör elemanlarının toplamı 1 olacak biçimde normalize edilirse, normalize kriter ağırlıkları bulunmuş olur.

$$\begin{bmatrix} (1x1/3x1/2)^{1/3} = 0.5503 \\ (3x1x3)^{1/3} = 2.0801 \\ (2x1/3x1)^{1/3} = 0.8736 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1571 \\ 0.5936 \\ 0.2493 \end{bmatrix}$$

### 2.2.3 Nitel verilerin nicel hale dönüştürülmesi

Bir MADM probleminde alternatifler nitel ya da nicel kriterler tarafından tanımlanmaktadırlar. Pek çok kez hem nitel hem de nicel kriterler tarafından aynı anda tanımlanan alternatifler ortaya çıkmaktadırlar. Burada bazıları nitel, bazıları nicel olan kriterlerin karşılaştırılmasında problemler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, bir otomobil seçimi probleminde eğer kriterlerden bir tanesi yakıt sarfiyatı, diğeri de estetik ise, sayısal değeri olan yakıt sarfiyatı kriteri ile sözel değeri olan estetik kriterinin aynı karar matrisi içinde olması ve bunlardan anlamlı indeks oluşturmanın güçlüğü açıktır. Böyle durumlarda nitel kriterler nicel kriterlerden çok ise nicel kriterler (Median Ranking) Medyan Sıralaması Yöntemi kullanılarak nitel kriterlere dönüştürülürler. Tersi olduğu durumlarda yani nicel kriterlerin nitel kriterlerden fazla olduğu durumlarda, ölçek kullanarak nitel verilere rakamsal değerler atama yaklaşımı ile yukarıda anlatılan karışıklık aşılmış olur.

Nitel veriler nicel verilere dönüştürülmede kullanılabilecek en iyi yöntem Likert Ölçeği kullanılarak ordinal verileri sayısal verilere dönüştürmektir. Bu ölçekte ordinal verilere karşılık gelen tamsayı, veriler vardır. Aralıkları eşit olan bu verilerin birbirlerine oranlarının bir anlamı yoktur. Ordinal verilerin artan ya da azalan olarak belli bir yönde dizilmiş olması gerekir. Yukarıda bahsi geçen otomobil seçim probleminde alternatiflerin "Estetik" kriterine göre tatmin dereceleri "çok kötü", "kötü", "orta", "iyi", "çok iyi" olabilir. Bunu "yakıt sarfiyatı" kriteri ile karşılaştırabilmek için sayılaştırmak gerekmektedir. Değerler (çok kötü, kötü, orta, iyi, çok iyi) şekilde sıralanabileceği gibi ya da (çok iyi, iyi, orta, kötü, çok kötü) şeklinde sıralama da geçerlidir. Ancak dikkat edilecek konu yukarıda anlatıldığı gibi ordinal verilerin artan ya da azalan biçimde dizilmiş olmasıdır. Sıralanan ordinal verilere, aralıkları eşit olan tam sayı değerler atandığından istatistiksel işlemler için uygun sayısal veriler elde edilmiş olur. Buna rağmen elde edilen bu değerler aritmetik işlemlere uygun değildir. Yukarıdaki her iki sıralamaya da (1, 3, 5, 7, 9) gibi aralıkları eşit pozitif tamsayı değerler atanabilir. Bu durumda çok kötü ile kötü arasının orta ile iyi arasına eşit olduğuna dikkat edilmelidir. Buna benzer biçimde diğer bütün aralıklar birbirlerine eşit olmalıdırlar. Ne çok kötü ile kötü arasındaki sayısal oran ne de diğer ikillilerin oranı anlamlı değildir. Bu yüzden,(1, 3, 5, 7, 9) yerine (3, 5, 7, 9, 11), ya da benzer başka tamsayılar kullanılabilir. Likert Ölçeği'nde duyarlılık derecesi beş noktalı yerine yedi noktalı veya dokuz noktalı ölçek kullanılarak

arttırılabilir. Tanımlamalar orta seviyenin üzerinde ya da altında eşit olmak üzere yapılmalı. ardından oluşturulan bu ölçeğe eşit aralıklı tamsayı değerler atanmalıdır. Özellikle değerlendirme başka kişilerin fikirleri alınarak yapılıyorsa görüşü sorulan kişilerin ordinal ölçek ile birlikte bunlara karşılık gelen tamsayı değerlerin de verilmesi değerlendirmeyi yapan kişiye aralıkların eşit olduğunu vurgulamak bakımından önemlidir.

Ordinal ölçeği oluşturan kelimeler elde edilecek verilerin güvenilirliğini ve düşünceleri temsil özelliğini artırmak bakımından önem arz etmektedir. Nötr değerin negatif ve pozitif taraflarında eşit sayıda, birbirlerine göre tam karşılık durumunda olan kelimeler kullanılmalıdır.

Örneğin nötr değer "orta" olduğunda eğer bir derece pozitif değerlendirme "güzel" ise bir derece negatif değerlendirme "çirkin" olmalıdır. Ekstrem değerler de "çok güzel" ve "çok çirkin" olabilir.

| Çok Çirkin | Çirkin | Orta | Güzel | Çok Güzel |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Şekil 3 Beş Noktalı Duyarlılık Ölçeği

**2.3 Veri Çeşitleri**

Veriler başlıca, nominal, ordinal, aralıklı değişken ve sayısal olarak dört gruba ayrılırlar. Yukarıdaki sıralamaya göre istatistiksel işlemlere en çok uygunluk gösteren veri çeşidi sayısal veriler, en az uygunluk gösteren de nominal verilerdir.

Kısaca Nominal Veriler; cinsiyet değişimleri verisi gibi sıralaması belli bir yönde hareketi belirtmeyen verilerdir. Belli bir yönde 1-Kadın 2- Erkek artma ya da azalma olmadığı için ilk değişkenin hangisi olduğu sıralaması önemli değildir. Bu tür verilerin ortalaması alınamaz, frekans dağılımı yapılabilir ve çapraz tablo kullanılır.

Ordinal verilerde 1-Kötü 2-Orta 3- Çok iyi sıralamasının belli bir anlamı vardır ancak, aradaki mesafelerin bir önemi yoktur. Aralıklı değişken verilerde ordinal verilerin bir ileri

safhası olup, ordinal verilerden farkı değerler arasındaki mesafeler anlamlıdır ancak. değerlerin birbirlerine göre oranları hiçbir anlam ifade etmez.

Aralıklı Değişken Veriler, Likert ölçeği ile sayısallaştırılırlar. Bu tür verilerle bütün istatistiksel işlemler yapılabilirler.

Araştırmalarda karşımıza en az çıkan, buna karşın uygulama koşulları en iyi olan veri tipi sayısal verilerdir. Sayısal Verilerle her türlü işlem yapılabilir.

## 2.4 Normalizasyon

Kriter değerlendirmeleri, farklı birimlerdeki ve karakterdeki pek çok veriden oluşmaktadır. Hesapsal sorunları ve karşılaştırmadaki zorlukları yenebilmek için normalize edilmeleri gerekmektedir. Normalizasyon işlemi, tamamında gerekmese de pek çok ÇÖKV metodunda gerekli olmaktadır. Normalizasyon işlemi sonucunda kriterlerin kendi içlerinde ve birbirleri arasında karşılaştırılma olanağı bulunur. Değerler normalize edildikten sonra boyutsuz veriler haline dönüşür ve büyüklükleri arttıkça tercih oranları artar. Normalizasyon işlemi kriterlerin cinslerine göre farklılık kazanmaktadır. Bu açıdan, kriterlerin tiplerini tanımlamakta fayda vardır.

1) Yarar Kriterleri: Monoton kriter çeşididir. Değeri arttıkça tercih edilebilirliği artmaktadır. Bu tip kriterlere örnek olarak bir "motorun verimi", "operasyon kolaylığı", "teknolojisi" gibi kriterler sayılabilir.

2) Maliyet Kriterleri: Yarar kriterleri gibi monoton kriterlerdir. Ancak farklı olarak, değeri arttıkça tercih edilebilirlikleri azalmaktadır. Örnek olarak "yakıt harcaması", "maliyet" gösterilebilir.

3) Monoton Olmayan Kriterler: Diğer iki kriter gibi ne değeri monoton olarak arttıkça, ne de monoton azaldıkça tercih edilebilirliği artar. Belli bir optimum değeri vardır ve yalnızca bu değere yaklaştıkça tercih oranları artar. Örnek olarak oda sıcaklığı, insan kanındaki şeker oranı verilebilir. Her iki örnek için de optimum değerler vardır. Oda sıcaklığı için genelde 25°C tercih edilen sıcaklıktır. Bu değerden az yada çok oda sıcaklığı tercih edilebilirliği azdır. Buna benzer şekilde satın alınacak bir evdeki "oda sayısı" da monoton olmayan kriterlerdendir.

*1)* Lineer Normalizasyon: Basit bir prosedürdür. Bir kriterin değerleri o kriter değerlerinden en büyük olanına ayrı-ayrı bölünerek normalize değerler elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}$$

Burada $x_{ij}$, j. kriterin i. Alternatif için değeri $x_i^*$ da j. Kriterin değerlerinden en büyüğüdür. Normalize edilmiş değerin $r_{ij}$' nin sıfır ile bir arasında olduğu açıktır ve yarar tipi kriterler için değeri bire yaklaştıkça tercih edilebilirliği artmaktadır.

2) Vektör Normalizasyonu: Normalize değerler, kriterin her değerinin o kriterin normuna bölünmesiyle bulunur.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$$

Yukarıda sözü geçen 2 tip normalizasyon yöntemi yarar kriterleri içindir. Maliyet tipi kriterler için aynı formüllere $x_{ij}$ yerine $1/x_{ij}$ konur. Lineer normalizasyon maliyet kriterleri için farklı bir yöntemle hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{\overline{x_j}}{x_{ij}}$$

Bu formülde $x_j^-$, j' inci kriterin minimum değeridir.

Monoton olmayan kriterler ise normalize edilebilmek için önce monoton hale getirilir,daha sonra yukarıda anlatılan iki yöntemle normalize edilirler.

Kriterlerin istatistiksel z skorları hesaplanarak monoton olmayan kriterler monoton hale getirilirler. j' inci kriter için optimum değerin $x_i^0$, alternatif değerlendirmelerinin j' inci kritere göre standart sapmasının da $\sigma_j$ olduğu halde;

$$z = \frac{\left(x_{ij} - x_j^0\right)}{\sigma_j}$$

olur.

exp ($-z^2/2$).değeri hesaplanarak kriter monoton hale dönüştürülür. Örnek olarak, ev seçimi probleminde kriter olarak oda sayısı incelendiğinde yapılan normalizasyon işlemi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2 Monoton Olmayan Kriterler İçin Z Skorunun Hesaplanması

| Evdeki Oda Sayısı | z | exp ($-z^2/2$) | Lineer Normalizasyon | Vektör Normalizasyonu |
|---|---|---|---|---|
| 3 | -0.6324 | 0.8187 | 0.8187 | 0.5107 |
| 4* | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.6238 |
| 5 | 0.6324 | 0.8187 | 0.8187 | 0.5107 |
| 6 | 1.2649 | 0.4493 | 0.4493 | 0.2803 |
| 7 | 1.8974 | 0.1653 | 0.1653 | 0.0317 |

Not: * KV' tarafından optimum olarak düşünülen oda sayısını verir.

### 2.5 Tamamlayıcı olmayan yöntemler

Tamamlayıcı olma veya olmama ayrımı bir kriterin avantajlarıyla, dezavantajlarının takas edilebilirliği baz alınarak ortaya konur. Eğer bir kriterin değerleri kendi aralarında değiştirilebiliyorsa bu seçim stratejisi Tamamlayıcı aksi halde Tamamlayıcı Olmayan' dır. Aşağıda yöntemlere ilişkin, tanıtım amacıyla kısa bilgiler verilmiştir. Detaylı bilgiler konu ile ilgili kaynaklardan temin edilebilir.

#### 2.5.1 Baskınlık

Dizayn prosesi birbirine çelişen kriterlerin tasarımcıya göre optimize edilmesiyle olur. Örneğin, bir otomobil optimizasyon problemini ele alırsak, kabin hacminin geniş olması konfor bakımından iyi olabilir ancak, buna karşın yakıt harcaması yükselmektedir. Bunun bir sonucu olarak piyasada birbirinden farklı pek çok model bulunmaktadır. Fakat alternatiflerin, her birinin diğerine göre bir üstün tarafı vardır. Bir tanesinin kabin hacmi diğerine göre daha büyük iken diğerinin de yakıt sarfiyatı daha düşük olabilmekte, üçüncü bir modelin ise hem kabini küçük, hem de yakıt sarfiyatı fazla olmasına karşın bu kez estetik açıdan diğerlerine göre daha tercih edilebilir durumda olabilmektedir.

En az bir yönlerinin diğer alternatiflere göre üstün olması sayesinde bu rakipler pazarda kendilerine yer bulabilmektedir.

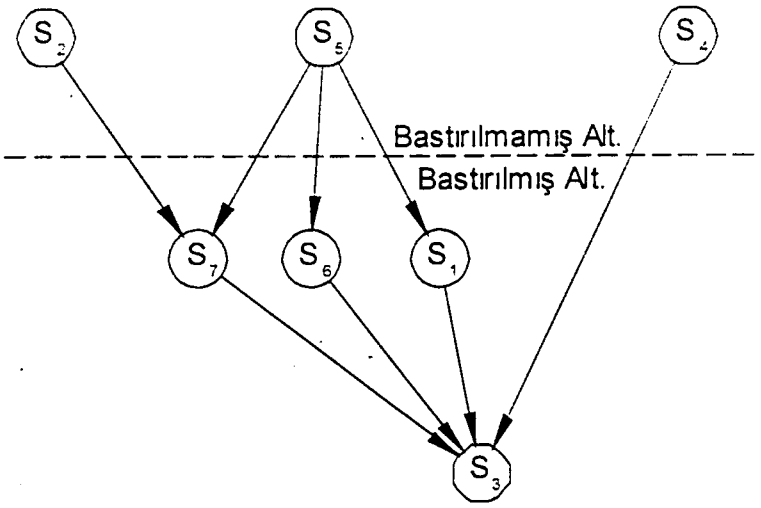
Eğer alternatifler karşılaştırıldığında bir alternatif diğerine göre bir veya daha fazla kriter açısından daha az tercih edilen durumundaysa o alternatife "Bastırılmış (Dominated)" denir. Göz önüne alınan kriterlere göre hiç birisinde geride kalmıyorsa da "Bastırılmamış (Nondominated)" denir. Bastırılmamış alternatifler seti ikili karşılaştırmalarla elde edilirler. İki alternatif karşılaştırılır, bastırılan alternatif elenerek sıra ile devam edilirse son kalan alternatif bastırılmamış alternatiftir. Eğer m alternatif varsa (m-1) adımda ilk bastırılmamış alternatif bulunur.

Örnek: Bir tersane kurulmak istenmektedir. Bu iş için düşünülen yedi alternatif yer, işgücü temini, yan sanayi desteği ($X_1$), çevre kirliliği riskine karşı yöre halkının yaklaşımı ($X_2$) ve sendika kurulma durumu ($X_3$) göz önüne alınarak incelenmiştir.

Tablo 3 Yedi Üretim Sahasına Ait Karar Matrisi

| | **Alternatifler** | | |
|---|---|---|---|
| **Tersane Alanı** | **$X_1$** | **$X_2$** | **$X_3$** |
| $S_1$ | Zayıf | İyi | 0.5 |
| $S_2$ | Mükemmel | Orta | 1.0 |
| $S_3$ | Zayıf | Zayıf | 1.0 |
| $S_4$ | Orta | Orta | 0.1 |
| $S_5$ | İyi | Mükemmel | 0.2 |
| $S_6$ | Zayıf | İyi | 0.9 |
| $S_7$ | İyi | Orta | 1.0 |

$S_1$ ve $S_2$ karşılaştırıldığında $X_2$ ve $X_3$ kriterleri bakımından $S_1$ in daha iyi olduğu ancak, $X_1$ kriteri yönünden de daha kötü olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple ne $S_1$ ne de $S_2$ Bastırılmış değillerdir. İkinci adımda $S_3$ ile $S_1$ karşılaştırıldığında, $S_3$ ün $X_2$ ve $X_3$ açısından $S_1$ den kötü olduğu, $X_1$ açısından da daha eşit olduğu düşünülmüş, böylece $S_3$ , $S_1$ tarafından bastırılmıştır (S1 → S3). Bu şekilde $S_4$, $S_1$ ve $S_2$ ile karşılaştırılmış ve bastırılmamış olarak bulunmuştur. İşlem $S_1$' e ilerletildiğinde aşağıdaki diyagram elde edilmiştir.




Şekil 4 Baskınlık Diyagramı

Diyagramdan görüldüğü gibi $S_2$, $S_4$ ve $S_5$ 'e hiç ok yönelmemiştir. Bu alternatiflerin hepsi bastırılmamış alternatif olup herhangi bir tanesi seçilebilmektedir. Bu yöntemin bazı hataları oluşabilmektedir. Bunlardan kaçınmak için [1] numaralı kaynakta bulunan Birleşim Yöntemi (Conjunctive Method) kullanılmalıdır.

### 2.5.2 Tatmin yöntemleri

Ne Birleşim Yöntemi ne de Ayrım Yöntemi alternatifler arasından birisini seçmez ancak, alternatifler kabul edilir ve kabul edilmez olarak sınıflandırır. Minimum gereksinimi karşılayan her alternatif kabul edilebilir alternatiftir. Örneğin Ehliyet sınavlarında kabul edilebilir olmak için kişilerin 100 üzerinden 70 puan alması yeterlidir. Bir başka deyişle seçilebilmek için en yüksek puanı almağa ihtiyacı yoktur. Bu yüzden seçim optimizasyondan ziyade tatmin olma prensibine göre yapılmalıdır.

### 2.5.3 Sıralı eleme yöntemleri

Alternatifleri sıralı bir şekilde elemek için iki tip ÇÖKV yöntemi söz konusudur. Her iki yöntemde de kriterlere göre alternatifler elenir. Önce bir kritere göre alternatifleri elerler. Sonuca ulaşılıp, bir ya da daha fazla alternatif kaldığında diğer kriterlere göre aynı işlemlere devam edilir. Leksikografik (Lexicographic) Yöntem kriterlerin önem sırasına göre

eleme yaptırırken, Özelliklerle Eleme Yöntemi (Elimination by Aspects) daha farklı yöntemler kullanmaktadır. Bu konuya ilişkin detaylı bilgi [1] numaralı kaynaktan bulunabilir.

### 2.5.4 Davranışa yönelik yöntemler

KV nin karar ortamında davranışına yönelik iki yöntem vardır. Eğer KV kötümser bir yaklaşımda ise Maksimin Yöntemi kullanılarak; en kötü kriter seçilir, alternatifler arasında bu kriterlere göre en iyi olanı tercih edilir. Eğer KV iyimser bir yaklaşımda ise Maksimaks Yöntemi kullanılır. Buna göre en iyi kriterden en yüksek puanı alan alternatif seçilir.

Bütün bu anlatılan Tatmin Yöntemleri, Sıralı Eleme Yöntemleri, Davranışa Yönelik yöntemler bu araştırma konusuna yönelik yöntemler olmadıkları için üzerlerinde fazlaca durulmadan geçilmiştir. Bu konularla ilgili ayrıntılı bilgi [1] no lu kaynaktan elde edilebilir.

## 2.6 Skorlama Yöntemleri

ÇÖKV problemi bir bakıma çok elemanı olan bir vektör gibidir. Çözüme vektörün skalar değerlere dönüştürülmesi ile ulaşılır. Seçim için bu değerlerden en büyüğünü almak yeterlidir.

Ancak problemin konusu olan sistemdeki ilişkiler çözüldükten sonra sistem üzerindeki etkisini inceleyebileceğimiz bir indeks oluşturulabilir. Örneğin, meteorologlar hava sıcaklığının yalnızca ölçülen termometre sıcaklığı ile ifade edilemeyeceğini, bunun yanında hava sıcaklığı için rüzgar ve soğutucu etkisinin de önemli bir faktör olduğunu bulmuşlar ve hava sıcaklığı ile rüzgar hızının bir fonksiyonu olan bir indeks yaratmışlardır.

Bir AR-GE araştırmasında projenin ekonomik ömrü, $V= x_1.x_2.x_3.x_4.x_5.x_6/x_7$ olarak formüle edilebilir. Burada $x_1$ projeden elde edilen yıllık satış miktarı, $x_2$ birim başına kar, $x_3$ ürünün ömrü, $x_4$, $x_5$, $x_6$ araştırma, geliştirme, pazarda başarı oranları, $x_7$'de toplam proje maliyetidir. Böyle bir V indeksi bulunarak, AR-GE safhasında farklı projelerin ekonomik ömürlerine ilişkin bir indeks elde edilebilir.

İkinci bir indeks yaratma yolu da önceki datadan regresyon analizi ile gelecekteki performansın ölçülmesi olarak gösterilebilir.

Buraya kadar KV' nin sistemdeki komponentler arası fonksiyonel ilişkiyi tamamen bildiği ya da sistemle ilgili regresyon analizi yapabilmek için geçmişe dönük bilgilerin olduğu koşullar kısaca anlatılmıştır. Ancak gerçek ortamda bunları bulmak olanağı oldukça kısıtlıdır. Bu sebeple bu açığı kapatmak için aşağıda iki yeni metot anlatılmıştır. Bunlardan birincisi

Yalın Toplamsal Ağırlıklandırma (Simple Additive Weighting-SAW), diğeri de Ağırlıklı Çarpım Yöntemi' dir (Weight Product Method). Bu yöntemlerden SAW, her kriterin tek-tek katkılarının toplamı ile bir indeks oluştururken, buna karşın Ağırlık Çarpım Kriterlerin katkılarının çarpımı ile indeks oluşturur.

### 2.6.1 Yalın toplamsal ağırlıklandırma (SAW)

En çok kullanılan ve en fazla bilinen ÇÖKV metotlarından olan SAW yukarıda anlatıldığı gibi her kriterin katkılarının toplamıyla bir indeks oluşturur. Birbirinden farklı birimlerin toplanamayacağından dolayı SAW metodu uygulanacak veriler öncelikle normalize edilip, boyutsuz veriler haline dönüştürülmelidirler. Daha sonra her alternatife ait toplam skor o alternatifin çeşitli kriterlerdeki normalize edilmiş değerleriyle, yani boyutsuz değerlendirmeleriyle, bunlara ilişkin ağırlıkların çarpılıp, en son hepsinin toplanması ile elde edilir. Bu anlatımlar formüle edilirse;

$$V(A_i) = V_i = \sum_{j=1}^{n} w_j . v_j(x_{ij}) \quad (i = 1,2,\ldots,m)$$

yazılabilir.

Yukarıdaki formülde $V(A_i)$ ,i' inci alternatifin toplam skoru, $w_j$ ;j'inci kriterin ağırlığı $v_j(x_{ij})$ $x_{ij}$ nin değer fonksiyonu olur. $A_i$' nin toplam skoru aşağıdaki yazılabilir.

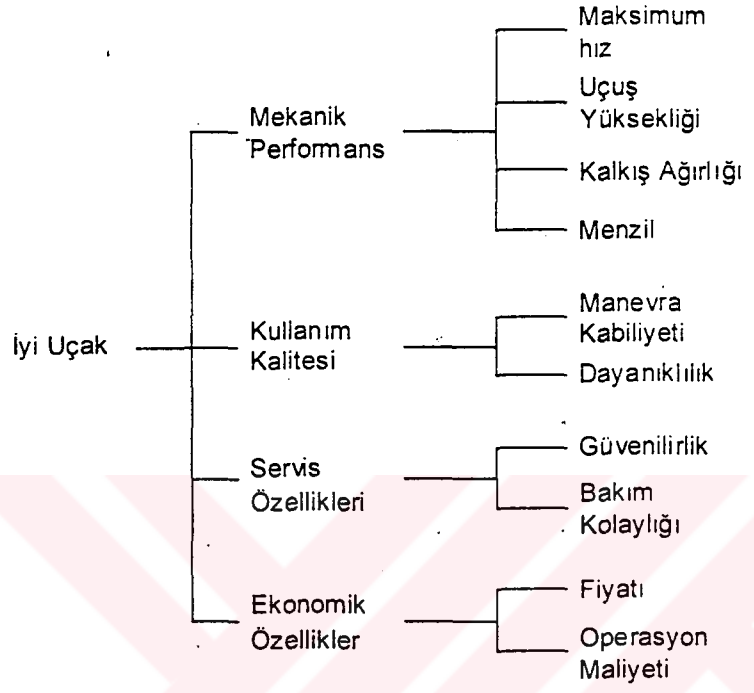
$$V_i = \sum_{j=1}^{n} w_j . r_{ij} \quad i = 1,2,\ldots,m$$

Burada $r_{ij}$, $x_{ij}$' lerin normalizasyonu sonucu ortaya çıkan karşılaştırılabilir. Yani boyutsuz değerlerdir.

SAW metodunun altındaki en önemli kabul, bütün kriterlerin birbirlerinden bağımsız olduğudur. Bu yüzden KV' nin bir kriter üzerine düşündükleri diğer kriterler üzerine düşündüklerini etkilememektedir. Buna ek olarak ikinci bir kabul de kriter ağırlıklarıyla ilgilidir. SAW yöntemine göre ağırlıklar, her kriterin değer fonksiyonundaki birim değişikliğin bağıl değerleri ile orantılıdır.

Örnek. Hava Kuvvetleri Avcı Uçağı Seçimi: İkinci bir ülkeden avcı uçağı satın almak isteyen bir ülkenin hava kuvvetlerinde bu işle görevlendirilmiş subaylar, üzerlerine düşen bu görevin sorumluluğunun çok ağır alması sebebiyle SAW metoduyla bir çalışma yapmışlardır. Aşağıda detayları sunulan bu araştırmaya alınacak uçakların hangi isteklere

yanıt verecek nitelikte olması gerektiğini saptayarak başlamışlardır. Kriterlerin tam olarak ortaya çıkabilmesi için amaca ilişkin kriterlerin hiyerarşik ağacını çıkarmışlardır. Aşağıdaki Şekil 5' te verilen bu ağacı oluştururken hedefleri, "iyi avcı uçağı" dır. Buna ulaşmak için belirlenen hedefler; "Mekanik Performans", "Kullanım", "Servis" ve "Ekonomik özellikler" dir. Bunlardan yola çıkarak toplam 10 adet alt hedef belirlenmiştir.




Şekil 5 Avcı Uçağı Seçimi Kriter Ağacı

Daha sonra bu iş için düşünülen beş adet alternatif, bu on hedef çerçevesinde değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeler Şekil 5' te sunulmuştur.

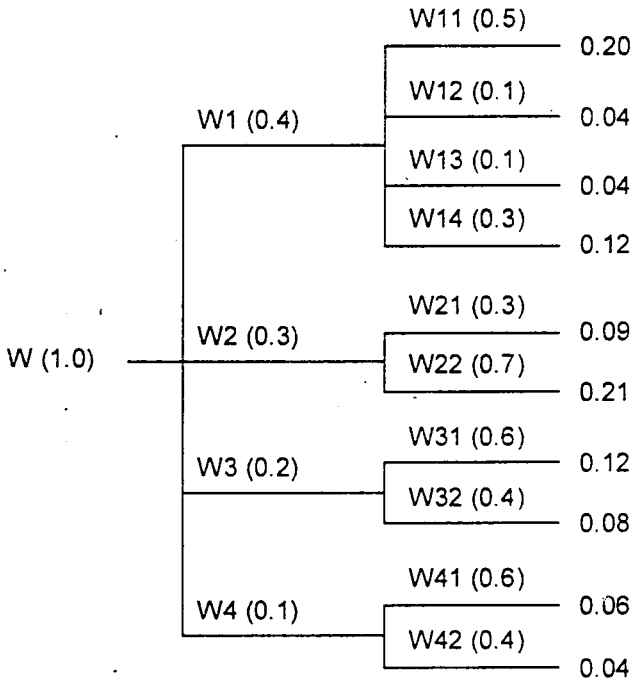
Dikkat edilirse değerlerin bazılarının boyutları farklıdır. "Maksimum hız" kriterinin birimi MACH iken, satış fiyatınınki USD, maksimum kalkış ağırlığı POUND' dur. Bu birimlerin SAW metodu ile çalışabilmesi için normalize edilmeğe ihtiyacı vardır. Çünkü,daha önce anlatıldığı gibi farklı boyuttaki değerlerin toplanması mümkün değildir. Normalize edilirken dikkat edilecek ilk husus $X_{41}$ ve $X_{42}$ nin Maliyet kriteri olduğudur. İkinci nokta ise, SAW metodu için genelde kullanılan normalizasyon yönteminin Lineer normalizasyon olduğudur. Normalize edilmiş karar matrisi aşağıda sunulmuştur.

Tablo 4 Avcı Uçağı Seçimi Karar Matrisi.

| | | Alternatifler | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kriter** | **Ağırlık** | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ |
| **1. Mekanik Performans** | | | | | | |
| 1.1 Maksimum Hız | 0.20 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.0 | 1.8 |
| 1.2 Uçuş Yüksekliği | 0.04 | 60 | 50 | 60 | 50 | 50 |
| 1.3 Kalkış Ağırlığı | 0.0.4 | 23 | 20 | 18 | 20 | 21 |
| 1.4 Menzil | 0.12 | 1900 | 2000 | 3500 | 2400 | 2300 |
| **2. Kullanım** | | | | | | |
| 2.1 Manevra Kabiliyeti | 0.09 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| 2.2 Dayanıklılık | 0.21 | 8 | 9 | 7 | 8 | 8 |
| **3. Servis Özellikleri** | | | | | | |
| 3.1 Güvenilirlik | 0.12 | 8 | 7 | 9 | 8 | 8 |
| 3.2 Bakım Kolaylığı | 0.08 | 9 | 7 | 8 | 7 | 7 |
| **4. Ekonomik Özellikler** | | | | | | |
| 4.1 Fiyatı | 0.6 | 4.5 | 5.0 | 6.5 | 5.5 | 5.0 |
| 4.2 Operasyon Maliyeti | 0.4 | 90 | 90 | 100 | 80 | 70 |

Yukarıda verilen normalize karar matrisinde $x_{14}$, $x_{21}$, $x_{22}$, $x_{31}$ ve $x_{32}$ gösterilmemiştir. Ağırlıklar oluşturulurken bütün kriterlerin ağırlıkları aynı anda oluşturulmak yerine önce 1. kademe hedeflerin ağırlıkları hesaplanmış,daha sonra 2. kademe hedeflerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan ağırlıkların ağaç yapısında gösterimi aşağıdaki Şekil 6' da sunulmuştur.

| | $x_{11}$ | $x_{12}$ | $x_{13}$ | ... | $x_{41}$ | $x_{42}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | 0.80 | 1.00 | 1.00 | ... | 1.00 | 0.78 |
| $A_2$ | 0.80 | 0.83 | 0.87 | ... | 0.90 | 0.78 |
| $A_3$ | 1.00 | 1.00 | 0.78 | ... | 0.69 | 0.70 |
| $A_4$ | 0.80 | 0.83 | 0.87 | ... | 0.82 | 0.88 |
| $A_5$ | 0.72 | 0.83 | 0.91 | ... | 0.90 | 1.00 |




Şekil 6 Avcı Uçağı Seçiminde Kriter Ağırlıkları

Alternatiflerin ağırlıkları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^{10} w_j . r_{ij} = 0.2(0.8) + 0.04(1.0) + ... + 0.04(0.78) = 0.8396$$

Diğer alternatiflerin değerleri $V(A_2)$=0,8274, $V(A_3)$=0.8953, $V(A_4)$=0.8400 ve $V(A_5)$=0.8323 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre seçim sıralaması ($A_3$, $A_4$, $A_1$, $A_5$, $A_2$) olarak ortaya çıkmıştır.

### 2.6.2 Ağırlık çarpım yöntemi

SAW yönteminde karar matrisindeki verilerin işlenebilmesi için normalize edilmesi gerektiği belirtilmişti. Buna karşın Ağırlıklı çarpım yönteminde buna gerek yoktur. Çünkü, bu yöntemde kriterler birbiriyle çarpılarak bağlanmışlardır. Çarpma işlemi söz konusu olduğunda bilindiği gibi değerlerin boyutlarının aynı olmasına gerek yoktur. Bu metotta ağırlıklar da ilgili kriterlerin üsleri biçiminde yöntemde yer almışlardır. Yönteme ilişkin formül aşağıda verilmiştir.

$$V(A_i) = V_i = \prod_{j=1}^{n} x_{ij}^{w_j} \qquad i = 1,..., \quad m$$

Terimlerin eksponansiyel olmasından kaynaklanan sorun; üstel değerlerin yani ağırlıkların değerlerinin birden büyük olması gerekmektedir. Bu yüzden birden küçük değerlerin yer aldığı ağırlık değerleri, m gerekli herhangi bir tamsayı olmak üzere $10^m$ ile çarpılarak 1'den büyük hale getirilirler.

Dikkat edilmesi gereken başka bir nokta ise, Yarar kriterlerinin ağırlıklarının pozitif, Maliyet cinsi kriterlerin ağırlıkları negatif olarak uygulanır.

Çarpım yöntemiyle elde edilen alternatif değerlerinin herhangi bir üst değeri yoktur. Bununla birlikte KV, alternatiflerin birbirlerine göre oranından ya da sabit bir değere göre oranlarından anlamlı sonuçlar çıkarabilir. Bu karşılaştırma amacıyla herhangi bir alternatif ve ideal alternatifin oranı aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$R_i = \frac{V(A_i)}{V(A^*)} = \frac{\prod_{j=1}^{n} x_{ij}^{w_j}}{\prod_{j=1}^{n} (x_{ij}^*)^{w_j}}, \qquad i = 1,..., \quad m$$

Burada $x_j^*$, j kriterin en fazla tercih edilen değeri olmaktadır. $R_i$ 'nin 1 ile 0 arasında bir değer olacağı açıktır. $A_i$' nin seçilebilmesi için $R_i$ 'nin 1'e yaklaşması gerekmektedir Hava Kuvvetleri avcı uçağı seçim örneğini ele alırsak, birinci alternatifin değerliği aşağıdaki gibi elde edilir.

$V(A_1)=(20)^{0.2}.(60)^{0.4}....(90)^{-0.04}=8.1716$

Diğer alternatiflerin değerlikleri de $V(A_2)=8.0707$, $V(A_3)=8.7689$, $V(A_4)=8.2565$, $V(A_5)=8.1485$ olarak hesaplanabilir. Bu durumda ideal alternatife göre oranları ($R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$, $R_5$) = (0.8274, 08172, 0.8575, 0.8363, 0.08251) olarak elde edilir.

Görüldüğü gibi SAW Yöntemi' nde sıralama ($A_3$, $A_4$, $A_1$, $A_5$, $A_2$) iken, Çarpım Yöntemi' nde ($R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$, $R_5$) olarak değişmiştir.

## 2.7 TOPSIS

Alternatif sayısı m olan ve j adet kriterin kullanıldığı bir ÇÖKV problemi n boyutlu uzayda yer alan m adet noktanın oluşturduğu geometrik sistem olarak düşünülebilir. Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında ortaya atılan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarities to Ideal Solution) yöntemi seçilen alternatifi simule eden noktanın geometrik olarak ideal çözüme olan uzaklığının en az, negatif ideal çözüme olan uzaklığının da diğer alternatifler arasında en fazla olanıdır. Yukarıda anlatılan bu durumu daha açık anlatmak bakımından Pozitif İdeal Çözüm ve Negatif İdeal Çözüm kavramlarının tanıtmakta yarar vardır.

### 2.7.1 Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler

İdeal çözüm, bütün kriterler bir arada düşünüldüğünde ideal seviyelerin bir araya getirilmesi olarak tanımlanabilir. Aslında mümkün olursa yapılması gereken seçim pozitif ideal çözümdür. Ancak, genellikle pozitif ideal çözüm gerçek dışı olduğu için yapılacak seçim sıralamasında gerçek alternatifler arasından pozitif ideal çözüme en yakın olanı, benzer biçimde negatif çözüme de en uzak olanı öne çıkarılmalıdır.

Pozitif İdeal Çözüm aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$A^* = (x_1^*, x_2^*, \ldots, x_j^*, \ldots, x_n^*)$$

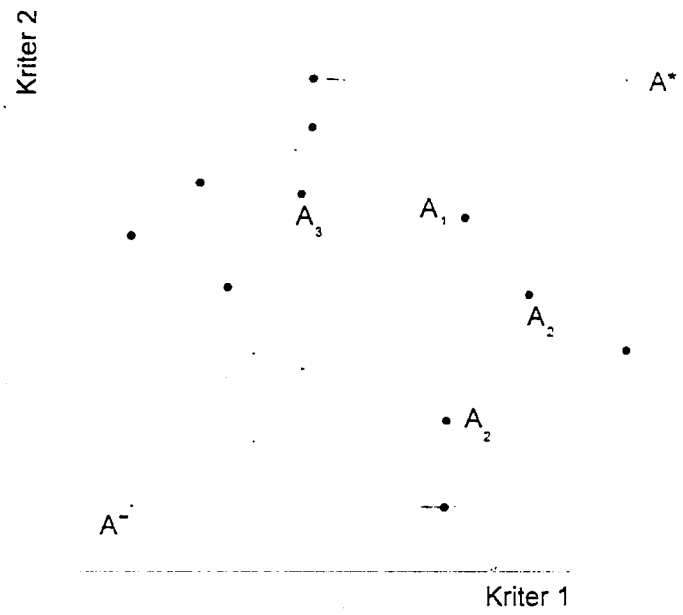
Burada $x_j^*$ bütün alternatifler düşünüldüğünde bunlar arasındaki en iyi değerdir.

Yukarıda anlatılan duruma karşılık negatif ideal çözüm de

$$A^- = (x_1^-, x_2^-, \ldots, x_j^-, \ldots, x_n^-)$$

olarak yazılabilir. Burada $x_j^-$ bütün alternatifler düşünüldüğünde bunlar arasındaki en kötü değerdir.

En iyi seçimin pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak olması gerektiği yukarıda belirtilmişti. Ancak, her zaman bu da mümkün olmayabilir. Yani pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatif negatif ideal çözüme en uzak olmayabilir ya da bunun tersi olabilir. Öyle sonuçlar çıkabilir ki, Şekil 7' de $A_1$ ve $A_2$ alternatiflerinde görüldüğü gibi bir alternatif pozitif ideal sonuca daha yakın iken diğeri de negatif ideal sonuca daha yakın olabilir. Bu tür durumlar metot anlatılmağa başlandığında, bir sonraki bölümde ele alınacaktır.




Şekil 7 İki Boyutlu Uzayda Pozitif İdeal Ve Negatif İdeal Çözümlere Öklid Uzaklıkları

### 2.7.2 TOPSIS

Yöntemde yukarıda anlatıldığı türden karışıklıkların önlenmesi amacıyla Pozitif İdeal Çözüme Benzerlik adı verilen bir indeks tanımlanmıştır. Bu indeks pozitif ideal çözüme uzaklığının minimum, negatif ideal çözüme olan uzaklığın maksimum olması gereğinden yola çıkılarak tanımlanmıştır. Bu konuya geçmeden önce göz önüne alınması gereken bir konu da TOPSIS metodu ile işlenecek verilerin monoton artan ya da monoton azalan tipte veriler olması gerekliliğidir. Monoton olmayan veriler daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi önce monoton hale getirilmelidirler.

Yöntem aşağıda sırasıyla verilen adımlardan oluşmaktadır.

Karar matrisinin normalizasyonu: TOPSIS metodunda karar matrisi aşağıda verilen formülle ifade edilen vektör normalizasyonu ile boyutsuzlaştırılır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}, \quad i = 1 \ldots, m; \quad j = 1, \ldots, n$$

Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması: Verilen formülle bulunan ağırlıklı normalize karar matrisi aynı zamanda pozitif ve negatif ideal çözümlerin bulunduğu matristir. $w_j$' nin j. kriterin ağırlığı olduğu durumda;

$$V_{ij} = w_j . r_{ij} \quad i = 1,..., m; \quad j = 1,..., n$$

olur.

Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin bulunması: A* ve A⁻ yukarıda sözü edildiği gibi ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin elemanları arasından seçilerek oluşturulacaklardır.

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, ..... v_j^*, ..... v_n^*\}$$

$$= \left\{ \left( \max_i v_{ij} \middle| j \in J_1 \right), \left( \min_i v_{ij} \middle| j \in J_2 \right) \middle| i = 1, ..... m \right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, ....., v_j^-, ....., v_n^-\}$$

$$= \left\{ \left( \min_i v_{ij} \middle| j \in J_1 \right), \left( \max_i v_{ij} \middle| j \in J_2 \right) \middle| i = 1, ..... m \right\}$$

Yukarıdaki formüllerde $J_1$ Yarar kriterleri seti, $J_2$ ise Maliyet kriterleri seti olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ayrım Ölçülerinin Bulunması: Burada ayrım ölçüsü olarak anılan değer pozitif ideal çözümden ya da negatif ideal çözümden olan farklılıktır. Bu geometrik olarak aralarındaki uzaklığın bulunmasıyla gerçekleştirilir. Şekil 7 'de görüldüğü gibi bu sistemlerde Öklid bağıntıları geçerlidir.

Pozitif ideal çözümden olan uzaklık şu şekilde hesaplanır:

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

Benzer şekilde negatif ideal çözümden ayrım ölçüsü:

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

olarak hesaplanır.

Pozitif ideal çözüme benzerlik: Daha önce de sözü geçtiği gibi karşılaştırılan alternatiflerden yalnızca bir tanesi belirgin olarak öne çıkmayabilir. Bu tür durumlarda karışıklığa meydan vermemek için her alternatife ait pozitif ideal çözüme olan benzerlik ölçüsü hesaplanır. Aşağıda verilen formülde $C_i^*$ 'nin bir olduğu durumlarda da $A_i$ ,$A^*$ 'e eşittir. Bunun yanında

$$0 \leq C_i^* \leq 1$$

dir.

Benzerlik:

$$C_j^* = \frac{S_i^-}{(S_i^* + S_i^-)}$$

Pozitif ideal çözüme benzerliği en yüksek olan alternatiften düşüğü doğru sıralama yapıldığında sonuç olarak, benzerlik oranı en yüksek olan en iyi olmak üzere, alternatiflerin tercih sıralaması ortaya çıkmış olur.

### 2.7.3 SWOT analizi (TOPSIS)

SWOT Analizi: SWOT kelimesi, güçlülük (strength), zayıflık (weakness), fırsatlar (opportunities) ve tehditler (threats) kelimelerinin İngilizce karşılıklarının baş harflerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur. Esasen, alternatiflerin karşılaştırılmaları ve her alternatifin tek-tek değerlendirilmeleriyle ilgili analiz yöntemine verilen isimdir. Adından da anlaşılacağı gibi ele alınan alternatifin diğerlerine göre güçlü yanları, zayıf yanları, fırsatları ve tehditleri araştırılarak gruplanır. Bu KV' ye alternatifin genel durumunu daha iyi ve özet olarak görmesini sağlar.

Strength (Güçlü Yönleri):Hem nitel hem de nicel veriler için uygundur. Eksperlerin verdiği kriter ağırlıkları ayrı-ayrı tanımlanabilmektedir. Sonuç rakamsal olduğu için sıralama yapılabilmektedir. Kollektif karar matrisinden gelen verileri kullanabilmektedir.

Weakness (Zayıf Yönleri): Bütün kriterlerin monoton artan ya da azalan şeklinde olması gerekmektedir. Monoton olmayan kriterler uygun değillerdir. Ancak Z Skoru yöntemi ile önce monoton hale getirildikten sonra işlenmeğe hazır hale getirilebilirler.

Opportunuties (Fırsatlar): Yapılan işlemlerin fiziki karşılığı geometrik olarak da gösterilebilmektedir.

Threats (Tehditler): İşlemler uzun, tekrarlı ve karmaşık olup, hata riski fazladır.

## 2.8 ELECTRE

Electre (Elimination et choix traduisant la realite) yöntemi Roy (1971) tarafından ortaya atılmış, Avrupa'da, özellikle Fransızca konuşulan bölgelerde sıkça kullanılır. Metot tercih edilen ve tercih edilmeyen alternatifler arasında üstünlük ilişkisi kurulmak suretiyle işler. Yöntemin temel taşı niteliğinde olan kavramlar üstünlük ilişkisi (Outranking Relationship) ve Kernel'dir.

### 2.8.1 Üstünlük ilişkisi (Outranking Relationship)

Üstünlük ilişkileri kavramını bir örnekle açıklayalım. Otomobil almak isteyen bir KV ve ilgilendiği üç alternatif olsun. Alternatiflerin fiyat ve yakıt sarfiyatı ilişkileri aşağıda verildiği gibi olsun.

$A_1$ = ($13.000 ; 8.3 lt/100 km), $A_2$ = ( $16.000 , 7.0 lt/100 km)

$A_3$ = ($18.000 ; 6.0 lt/100 km)

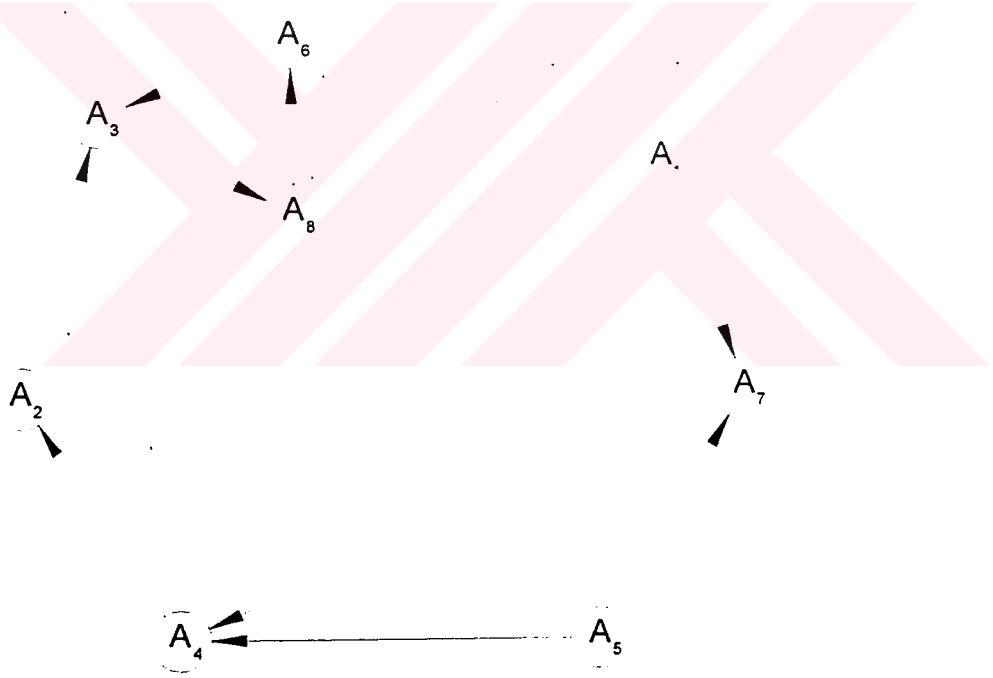
Yukarıdaki alternatiflerden hiçbiri diğerine her iki kriterde de daha iyi olmadığı için yukarıdaki alternatiflerin hiçbiri baskın değildir. Ancak üstünlük ilişkisinin kurulabilmesi için alternatiflerin mutlaka baskın olması gerekmez. KV' de bir insan olduğuna göre mutlaka bazı öncelikleri vardır. Örneğin; $A_1$ ve $A_2$ için $3.000 daha az para vermek 1.3 lt/100km yakıt tasarrufundan daha önemli olabilir ve bu durum bile $A_1$ ve $A_2$'ye üstünlük kurmasına neden olur. Benzer şekilde $A_2$ de $A_3$'e üstünlük kurmuş olabilir ancak, $A_1$ ile $A_3$ karşılaştırıldığında aradaki farklar biraz daha farklı olduğunda durum değişebilir. Ve KV

tamamen kendi iradesi ile $A_3$' ün $A_1$'e üstünlük kurduğunu düşünebilir. Bu KV' nin kendi tasarrufundadır ve olabilir.

Bu üstünlük ilişkileri şöyle gösterilebilir; eğer $A_p$, $A_g$'ye üstünlük sağlamışsa ($A_p$ R $A_g$) ya da ($A_p \rightarrow A_g$) olarak yazılabilir. Yukarıdaki üstünlük ilişkileri bu durum da ($A_1 \rightarrow A_2$) . ($A_2 \rightarrow A_3$) , ($A_3 \rightarrow A_1$) şeklinde yazılabilir. Bir başka deyişle ($A_p \rightarrow A_g$) şeklindeki bu ifade bize şunu anlatır: Ne $A_p$ ne de $A_g$ diğerine göre baskındır ancak, $A_p$ nin $A_g$' den her zaman iyi olduğunu kabul edilerek belli bir risk almak da oldukça gerçekçi bir durumdur.

Tercih edilen ve edilmeyen alternatifleri belirlemek için sisteme dahil olan tüm alternatiflerin ikili karşılaştırmalarını görmek gerekmektedir. Hepsi karşılaştırıldıktan sonra Baskınlık Diyagramı (Dominance Structure) çizilir.

Örnek olarak aşağıda üstünlük ilişkileri tanımlanmış sekiz alternatife ait baskınlık diyagramı çizilmiştir.



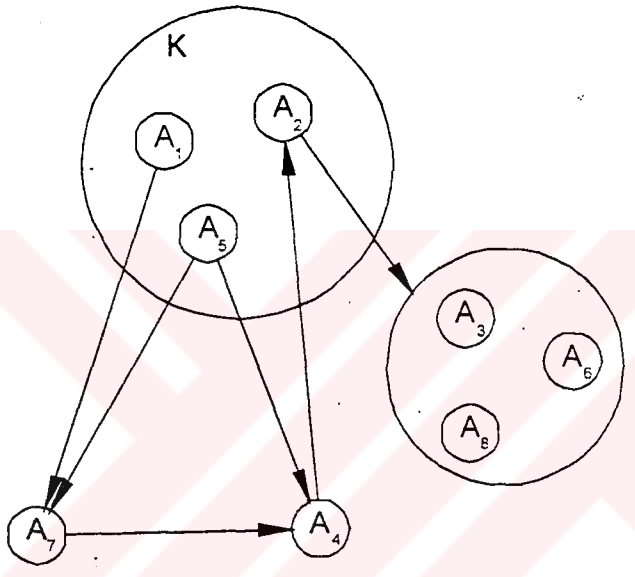

Şekil 8 Sekiz Alternatifin Üstünlük İlişkileri (Outranking Relationships)

Yukarıda çizilmiş diyagramda her düğüm bir alternatifi, düğümleri bağlayan her ok da alternatifler arasındaki üstünlük ilişkilerini gösterir. Bu gösterimde ilişkileri gösteren okun başlangıcı olan alternatif, okun işaret ettiği alternatife "üstünlük sağlamış" olur.

ELECTRE yöntemi için ikinci önemli kavramın KERNEL olduğu önceki konuda belirtilmişti. Kernel, ELECTRE tarafından belirlenen, tercih edilen alternatifler kümesidir. Bu kümenin oluşturulabilmesi için Üstünlük Diyagramındaki düğümler yani alternatifler aşağıdaki koşulları sağlamaktadırlar:

1) Kernel'in içindeki hiçbir düğüme Kernel içindeki diğer bir düğüm tarafından üsütünlük sağlanmamalıdır.

2) Kernel dışındaki her düğüme Kernel içindeki en az bir düğüm tarafından üstünlük kurulmuş olmalıdır.




Şekil 9 Kernel

Şekil 9 'da yukarıdaki örnekte verilen üstünlük ilişkilerine göre düzenlenmiş olan Kernel görünmektedir. Kernel oluşturulurken öncelikle hiç üzerine üstünlük kurulmamış olan alternatiflerden başlanır böyle alternatifler bulunursa Kernel içine alınır. Yukarıdaki örnekte bu koşula uygun alternatifler $A_1$ ve $A_5$ 'dır. Daha sonra yukarıda sözü geçen koşulları sağlayan alternatifler araştırılır. Bu durumda da Kernel'e yalnızca $A_2$ eklenebilmektedir. Böylece Kernel içinde, tercih edilen alternatifler olarak $K=(A_1, A_2, A_5)$ kalmaktadır.

### 2.8.2 ELECTRE

Electre yöntemi üstünlük ilişkilerinin kurulabilmesi için uyum ve uyumsuzluk indeksleri yaratır. Bu indeksler aracılığıyla elde edilen üstünlük ilişkilerine dayanılarak Kernel oluşturulur. Uyum ve uyumsuzluk indeksleri hangi alternatifin daha baskın olduğunun seçilmesini sağlayan tatmin ya da tatminsizliğin ölçüsüdür. Yöntem aşağıda verilen örnek ile tanıtılacaktır.

Bir üniversitelinin spor yurdu bütçe açığı nedeniyle kapatılmak istenmektedir. Ancak yapılan tartışmalar sonucu spor yurdunun kapatılmasından okulun spor faaliyetlerine darbe vurulacağı ve üniversiteler arasındaki prestijinin etkileneceği sebepleriyle vazgeçilmiş. buna karşın bazı spor dallarının kapatılmasına karar verilmiştir. Üniversitede yapılan sporlar arasından kapatılabilecek üç alternatif belirlenmiştir. Bu alternatifler sırasıyla kayak. beyzbol ve golf takımları olarak ortaya çıkmıştır. Son üç alternatiften hangisinin kapatılacağı ise direkt etkilenecek kişi sayısı, tasarruf edilecek para ve diğer başlıkları altında özetlenen kriterler göz önünde tutularak belirlenecektir.

Direkt olarak etkilenecek kişi sayısı hesaplanırken hem o sporu okul bünyesinde yapan kişi ve takımları hem de çalıştırıcıları göz önünde tutmak gerekmektedir. Diğer başlığı altında ise yörede diğer insanların o spora yaklaşımı, taraftar kitlesi,geçmiş başarılar ve buna benzer kriterler düşünülmüştür. Bu kategoriyi değerlendirirken beş noktalı duyarlılık ölçeği kullanılmıştır. Ölçek 5- very low , 4- low, 1- medium, 2- high , 1-very high şeklinde sunulmuştur. En iyi değer olarak 1-very low düşünülmüştür.

Aşağıda karar matrisi verilmiştir.

Tablo 5 Spor Yurdu Problemine Karar Matrisi

| | **Alternatifler** | | |
|---|---|---|---|
| **Kriter** | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ |
| $A_1$: Kayak | 30 | 1,741,400,000 | 3 |
| $A_2$: Beyzbol | 29 | 740,000,000 | 4 |
| $A_3$: Golf | 12 | 225,000,000 | 5 |

Not: $X_1$ direkt etkilenecek kişi sayısı, $X_2$ Tasarruf edilen para (TL), $X_3$ Diğer etkenlerdir.

Birinci Adım. Normalizasyon. İkinci ve üçüncü kriterlerin yarar, birinci kriterin Maliyet cinsi kriter olmaları sebebiyle normalizasyon konusunda anlatıldığı gibi Maliyet tipi kriter değerlerinin çarpma işlemine göre tersi alınır ve karar matrisi böyle değiştirilir. Bundan

sonra her kriterin boyutu farklılık farklı olduğu için normalize edilen karar matrisi aşağıda sunulmuştur.

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} X_1 & X_2 & X_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0.3466 & 0.9126 & 0.4243 \\ 0.3587 & 0.3914 & 0.5657 \\ 0.8667 & 0.1179 & 0.7071 \end{pmatrix} \end{array}$$

Yukarıdaki normalizasyon işlemi vektörel normalizasyon olup $r_{21}$ değeri şu şekilde elde edilmiştir.

$$r_{21} = \frac{\left(\frac{1}{29}\right)}{\sqrt{\left(\frac{1}{30}\right)^2 + \left(\frac{1}{29}\right)^2 + \left(\frac{1}{12}\right)^2}} = 0.3587$$

Ve buna benzer şekilde

$$r_{33} = \frac{5}{\sqrt{3^2 + 4^2 + 5^2}} = 0.7071$$

olarak elde edilmişlerdir.

İkinci Adım. Ağırlıklandırılmış Normalizasyon: Kriter ağırlıkları setinin değerleri yönetim tarafından atanmıştır ve yukarıda sözü edilen kriterlere göre alternatiflerin aldığı değerlerin karara etkime oranını belirtmektedir. Buna göre birinci kriter olan etkilenen kişi sayısı % 20, ikinci kriter olan tasarruf edilen para % 70 ve diğer kriterlerin % 10 oranında karara etkimesi gerektiği düşünülmüştür. Bu durumda ağırlık dağılımı $(w_1,w_2,w_3)=(0.20,0.70,0.10)$ şeklinde olacaktır. Ağırlıklı normalize matrisin elde edilebilmesi için ağırlıklar, normalize matrisin kolonlarıyla çarpılmalıdırlar. Bu durumda ağırlıklı normalize karar matrisi $[v_{ij}]$

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} X_1 & X_2 & X_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0.0693 & 0.6388 & 0.0424 \\ 0.0717 & 0.2740 & 0.0566 \\ 0.1733 & 0.0825 & 0.0707 \end{pmatrix} \end{array}$$

olarak hesaplanmıştır.

Üçüncü Adım. Uyum ve Uyumsuzluk Setleri: Alternatif ikililerinden oluşturulan iki adet alt grup tanımlanır. Bunlardan birincisi uyum seti,ikincisi ise uyumsuzluk setidir.

$A_p$ ve $A_g$ (p, g = 1, 2,..., m ve $p \neq g$) alternatiflerinin oluşturduğu ikililerden $A_p$ nin $A_g$ ya göre daha fazla tercih edildiği durumda uyum seti aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$C(p,g) = \{ j \mid v_{pj} \geq v_{gj} \}$$

Yukarıdaki formülde $v_{pj}$, j kriterine göre $A_p$ nin ağırlıklı normalize değeri olmaktadır. Diğer bir anlatımla C(p,g) $A_p$ nin $A_g$' dan daha iyi olduğu kriterlerin bir araya gelmesidir.

Uyum indeksinin karşıtı olan uyumsuzluk indeksi de $A_p$ nin $A_g$ olan daha olduğu kriterlerin toplamı olmaktadır. Formül olarak yazılacak olursa;

$$D(p,g) = \{ j \mid v_{pj} \prec v_{gj} \}$$

olmaktadır.

Bu anlatımlara göre spor yurdu probleminin uyum ve uyumsuzluk setleri aşağıdaki gibi olmaktadır.

| | |
|---|---|
| C (1,2) = {2} | D (1,2) = {1,3} |
| C (1,3) = {2} | D (1,3) = {1,3} |
| C (2,1) = {1,3} | D (2,1) = {2} |
| C (2,3) = {2} | D (2,3) = {1,3} |
| C (3,1) = {1,3} | D (3,1) = {2} |
| C (3,2) = {1,3} | D (3,2) = {2} |

Dördüncü Adım. Uyum ve Uyumsuzluk İndeksleri: Her uyum setinin bağıl gücü aşağıda verilecek olan uyum indeksi ile ölçülür. Uyum indeksi $C_{pg}$ aynı zamanda ikili karşılaştırmaların güvenilirlik derecesini vermektedir. C (p,g) şöyle hesaplanır:

$$C_{pg} = \sum_{j^*} w_{j^*}$$

Burada j* uyum seti C(p,g) nin içinde bulunan kriterlerdir.

Buna karşın uyumsuzluk indeksi D(p,g)' nun gücünün bir ölçüsüdür. Yapılan ikili karşılaştırmaların güvensizliğini gösterir.

$$D_{pg} = \frac{\left( \sum_{j^0} \left| v_{pj^0} - v_{gj^0} \right| \right)}{\left( \sum_{j} \left| v_{pj} - v_{gj} \right| \right)}$$

Burada $j^0$ uyumsuzluk setindeki kriterleri göstermektedir.

Örnek problem için uyum indeksi $C_{21}$ şu şekilde hesaplanır : C(2,1)={1,3}

$$C_{21} = \sum w_j = w_1 + w_3 = 0.2 + 0.1 = 0.3$$

Uyumsuzluk indeksi D(2,1) ise;

D(2,1)={2}

$$D_{21} = \frac{\left( \sum \left| v_{22} - v_{12} \right| \right)}{\sum_{j=1}^{3} \left| v_{2j} - v_{1j} \right|} = 0.9565$$

Uyum ve uyumsuzluk indekslerinin tamamı hesaplanmış olarak aşağıda sunulmuştur.

| | |
|---|---|
| $C_{12}$=0.7 | $D_{12}$=0.0435 |
| $C_{13}$=0.7 | $D_{13}$=0.1921 |
| $C_{21}$=0.3 | $D_{21}$=0.9565 |
| $C_{23}$=0.7 | $D_{23}$=0.3766 |
| $C_{31}$=0.3 | $D_{31}$=0.8079 |
| $C_{32}$=0.3 | $D_{32}$=0.6234 |

Beşinci Adım. Üstünlük İlişkileri: Yukarıda hesaplanan uyum ve uyumsuzluk indekslerinin ortalamaları C ve D olsun. Alternatiflerin birbirlerine karşı üstünlüğü, daha yüksek uyum indeksi olup buna karşı daha düşük uyumsuzluk indeksleri olmasına bağlıdır. Ancak, bazı durumlarda karşılaştırılan iki alternatiften bir tanesinin diğerine göre hem uyum hem de

uyumsuzluk indeksleri büyük ya da her ikisi birden küçük olabilir. Bu tür olaylarda karar vermeli uyum ve uyumsuzluk indekslerindeki çelişkiden dolayı zorlaşmaktadır. Böyle durumlara yol açmamak bakımından, karşılaştırılan alternatiflerin uyum indeksleri. uyum indeksleri ortalamasıyla, uyumsuzluk indeksleri de uyumsuzluk indeksleri ortalamasıyla karşılaştırılır. Uyum indeksinin, uyum indeksleri ortalamasından büyük olması, uyumsuzluk indeksinin de, uyumsuzluk indeksleri ortalamasından küçük olması sözü geçen indekslerin oluşturulduğu alternatiflerin sırasıyla birbirine üstünlük kurduklarını gösterir. Bunu şöyle gösterebiliriz.

Eğer

$$C_{pg} \geq \overline{C}$$

ve

$$D_{pg} \prec \overline{D}$$

ise $(A_p \rightarrow A_g)$' dur.

Bu koşulu yukarıdaki örneğe uygularsak;

$$\overline{C} = \frac{(0.7 + 0.7 + ... + 0.3)}{6} = 0.5$$

ve

$$\overline{D} = \frac{(0.0435 + .01921 + ... + 0.6234)}{6} = 0.5$$

Tablo 6 Üstünlük İlişkilerinin Kurulması

| $C_{pg}$ | $(C_{pg} \geq C)$ ? | $D_{pg}$ | $(D_{pg} < D)$ ? | $(A_p \rightarrow A_g)$ ? |
|---|---|---|---|---|
| $C_{12}$ | evet | $D_{12}$ | evet | Evet |
| $C_{13}$ | evet | $D_{13}$ | evet | Evet |
| $C_{21}$ | hayır | $D_{21}$ | hayır | Hayır |
| $C_{23}$ | evet | $D_{23}$ | evet | Evet |
| $C_{31}$ | hayır | $D_{31}$ | hayır | Hayır |
| $C_{32}$ | hayır | $D_{32}$ | hayır | Hayır |

Tablo 6, Üstünlük ilişkilerinin kurulmasını sağlamaktadır. Bundan sonrası konunun başında özetlendiği gibi Kernel' i oluşturmak ve tercih edilen alternatifleri belirlemektedir. Yukarıda $(A_1 \rightarrow A_2)$, $(A_1 \rightarrow A_3)$ ve $(A_2 \rightarrow A_3)$, şeklinde üç adet üstünlük ilişkisi tanımlanmaktadır. Buradan çıkan sonuç Kernel içersine $A_1$' in girdiğidir. Böylece $A_1$ tercih edilen alternatif yani, optimal seçim olmaktadır. Sonuç olarak spor yurdunun yalnızca kayak programını kapatmasına karar verilmiştir.

### 2.8.3 Tamamlayıcı analiz

Her ne kadar yukarıdaki örnekte sonuca kolay gidilmiş olsa da ELECTRE yönteminin bir eksik noktası vardır. Üstünlük ilişkileri kurulduktan sonra oluşturulan Kernel içerisinde birden fazla alternatif olduğu zaman, bu alternatiflerin hangisinin en iyi alternatif olduğu yöntemde tam olarak tanımlanmamaktadır. Çözülen örnekte Kernel içinde tek alternatif olduğu için, zorunlu olarak o alternatif en iyi olmak durumundadır. Ancak, Kernel içinde daha fazla alternatif olduğu durumda aşağıda tanıtılan tamamlayıcı analiz yapılarak son kalan alternatiflerden hangisinin en iyi olduğuna karar verilebilir. Net uyum indeksi adı verilen indeks hesaplanmak suretiyle karşılaştırılan $A_p$ ve $A_q$ alternatiflerin den $A_p$ nin $A_q$ üzerinde baskınlık derecesi ölçülmüş olur. Bunun yanında aşağıda tanımlanan Net uyumsuzluk indeksi de $A_p$ nin bağıl olarak zayıflığının bir ölçüsüdür.

Net uyum indeksi ;

$$C_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{m} C_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{m} C_{kp}$$

Net uyumsuzluk indeksi de

$$D_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^{m} D_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{m} D_{kp}$$

olarak hesaplanırlar. Son seçim aşamasına gelindiğinde Kernel içindeki alternatiflerin Net uyum indeksi en büyük net uyumsuzluk indeksi de en küçük olan alternatif en iyi seçim olmaktadırlar. Fakat bu iki koşul yine aynı anda tatmin edilemeyebilir. Eğer böyle bir durum ortaya çıkarsa o zaman da net uyum ve net uyumsuzluk indeksleri arasında en fazla fark olan alternati Kernel içindeki en iyi alternatif olarak seçilir. Spor yurdu problemi için hesaplanmış net uyum ve net uyumsuzluk indeksleri aşağıda verilmiştir.

$C_1$=0.8 $D_1$=-1.53

$C_2$=0.0 $D_2$=0.67

$C_3$=-0.8 $D_3$=0.86

Bu indeksler şu şekilde hesaplanmışlardır:

$C_1 = (C_{12} + C_{13})-(C_{21} + C_{31}) = 0.8$

$D_3 = (D_{31} + D_{32})-(D_{13} + D_{23}) = 0.86$

Sonuç olarak bu kez tercih sıralaması belirleyici duruma gelir: [$A_1$, $A_2$, $A_3$]. Yukarıda olduğu gibi $A_1$ birinci tercihtir, buna karşın $A_3$ üçüncü tercih olmuştur.

### 2.8.4 SWOT analizi (ELECTRE)

Strength (Güçlü Yönleri): ELECTRE' de Uyum ve Uyumsuzluk indeksleri yaratıldıktan sonra oluşturulan ağın çözümünde mutlaka bir baskın alternatif olması gerekmemektedir. Yani Ap' nin Ag' den sayısal olarak üstün olması gerekmez ancak, KV' nin bunlar hakkındaki düşüncelerinde mutlaka bir öncelik olacaktır bu da yöntemin işlemesi için yeterli olmaktadır. Ayrıca ELECTRE, hem nicel hem de nitel kriterlerle çalışmağa olanak sağlamaktadır.

Weakness (Zayıf Yönleri): Ağırlık fonksiyonu birden fazla uzman kişinin yapmış olduğu dağılımı içermemektedir. Bir başka deyişle, daha önceden uzmanların üzerinde anlaştığı kriter ağırlıklarına göre yöntem işlem yapmaktadır.

Opportunuties (Fırsatlar): Metodun uygulanması kolaydır, karışık işlemler yoktur. Bu yüzden, küçük boyutlu problemler el ile bile hesaplanabilmektedir. Buna ek olarak, matematiksel hatalar (karekök içinde negatif ya da sıfır değerlikler) oluşmamaktadır.

Threats (Tehditler): Sonuç aşamasında oluşturulan Çekirdek içinde herhangi bir sıralama verilmez, yalnızca tercih edilen alternatifler belirlenir. Daha sonra alternatifleri incelemek amacıyla Net Uyum, Net Uyumsuzluk indeksleri oluşturulur. Bundan da sonuç alamama olasılığı vardır. O zaman averaj sıralaması ile sonuca gidilir.

## 2.9 Nitel Datalar İçin Yöntemler

Nitel datalar rahatlıkla ordinal ya da ikili karşılaştırma verilerine dönüştürülebilmektedir. Bu bölümde nitel datanın uygulandığı iki yöntem tanıtılacaktır. Birincisi ordinal dataları kullanan Medyan Sıralaması Yöntemi, ikincisi de ikili karşılaştırmaları kullanan AHP yöntemidir.

Tablo 7 Üç Otomobil Seçimi Problemi İçin Nitel Data

| Otomobiller | Prestij | Görünüş | Güvenlik | Güvenilirlik |
|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | İyi | Mükemmel | Orta | İyi |
| $A_2$ | Mükemmel | İyi | Çok İyi | Orta |
| $A_3$ | Çok İyi | Çok İyi | İyi | Çok İyi |

### 2.9.1 Medyan sıralaması yöntemi

Bir otomobil seçimi problemi ele alalım. Buna ilişkin karar matrisi Tablo 7 deki gibi olsun. Karar matrisi her kriter için ayrı-ayrı değerlendirmek suretiyle aşağıdaki forma dönüştürülebilir. Dönüştürme işleminde her kriter kendi içinde değerlendirilerek, her kritere göre alternatiflerin sırasıyla en iyiye 1, en kötüye 3 olmak kaydıyla sıralamaları yazılır.

Tablo 8 Üç otomobil seçimi problemi sıralamalar

| Otomobiller | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | TOPLAM |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | 3 | 1 | 3 | 2 | 9 |
| $A_2$ | 1 | 3 | 1 | 3 | 8 |
| $A_3$ | 2 | 2 | 2 | 1 | 7 |

Eğer KV bütün kriterlere eşit ağırlıklı verirse, kriterlere göre alternatiflerin sıralamaları toplanabilir ve bu toplamalar az olandan çok olana doğru sıralanabilirdi, bu da tercih sıralamasını verirdi. Ancak, ordinal sayılarda aritmetik işlemler yapmanın fiziki ortamda karşılığı olmadığı için bu yapılamaz. Bunun yerine başka bir yöntem kullanılmalıdır.

Eğer kriterlere göre en iyi alternatifin seçimi izlenecek olursa her kriter için farklı alternatifin birinci tercih olduğu bunun da sonuçta karşılıklı meydana getirdiği ortaya çıkmaktadır. Yukarıdaki matris incelenirse; birinci kritere göre $A_2$ en iyi, $A_1$ en kötü ikinci kritere göre $A_1$

en iyi, $A_2$ en kötü alternatifler olmaktadır. Uygun sıralamanın yapılabilmesi için Cook ve Seiford (1978) tarafından sıralamalar arasında bir anlaşma ve anlaşmazlık ölçüsü olan uzaklık fonksiyonu tanıtılmıştır. $A_i$ için anlaşmazlık belirteci aşağıdaki formülle tanımlanır.

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^{n} \left| S_{ij} - k \right|$$

olmaktadır. Burada $S_{ij}$, $A_i$' nin j. kritere göre kriter içi sırasıdır. Örneğin $d_{11}$,

$A_1$'in birinciliğe toplam uzaklığını verir ve

$$d_{11} = \sum_{j=1}^{4} \left| S_{1j} - 1 \right| = \left|3-1\right| + \left|1-1\right| + \left|3-1\right| + \left|2-1\right| = 5$$

olarak hesaplanır. Benzer şekilde $A_1$'in ikinciliğe toplam uzaklığı;

$$d_{12} = \sum_{j=1}^{4} \left| S_{1j} - 2 \right| = 3$$

ve üçüncülüğe uzaklığı;

$$d_{13} = \sum_{j=1}^{4} \left| S_{3j} - 3 \right| = 5$$

olarak hesaplanmaktadırlar. Bütün [3 x 3 = 9] uzaklıklar bulunur ve aşağıdaki uzaklık matrisi oluşturulur.

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1. & 2. & 3. \end{array} \\ \begin{pmatrix} 5 & 3 & 3 \\ 4 & 4 & 4 \\ 3 & 1 & 5 \end{pmatrix} \end{array}$$

Bundan sonraki aşamada bu uzaklık matrisi kullanılarak alternatiflerin sıralaması yapılmaktadır. Bu iş için detayları aşağıda açıklanmış olan, lineer programlama metotlarından "Macar Algoritması" kullanılacaktır.

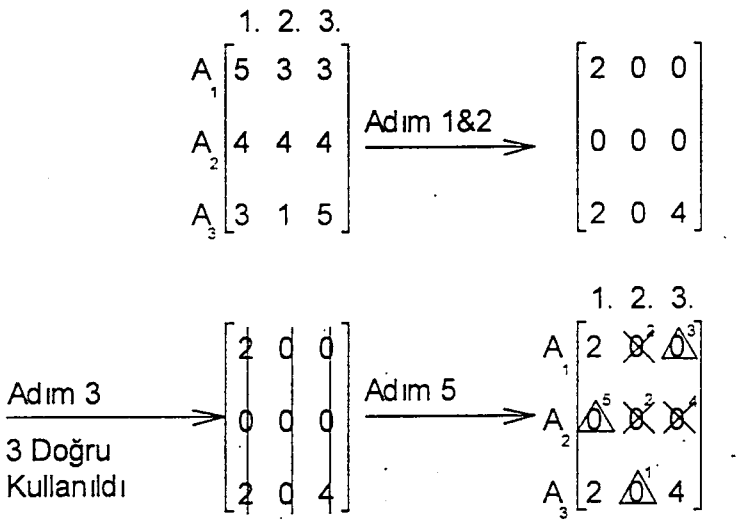
Birinci Adım. Satır İndirgeme: Her satırın en küçük elemanı belirlenir ve bu değer ait olduğu satırın bütün elemanlarından çıkarılır. Böylece birinci adımda matriste bazı sıfır değerli elemanlar yaratılmış olurlar.

İkinci Adım. Sütun İndirgeme: Her satır için tekrarlanan birinci adım bu kez sütunlar için uygulanır. Yani her sütunun en küçük değeri ait olduğu sütunun kendi dahil bütün elemanlarından çıkarılır. Bu prosedür bütün sütunlar için uygulanır.

Üçüncü Adım. Sıfırların Silinmesi: Satır ve sütunlardaki sayıların üzerinden en az sayıda yatay ve dikey doğru çekilerek bütün sıfırların ve onlarla aynı satır ya da sütunda bulunan elemanlar silinir. Eğer sıfırları silmek için kullanılan çizgi sayısı satır ya da sütun sayısına eşit ise optimal çözüme erişilmiş olur ve seçim prosedürü için beşinci adıma atlanır. Eğer çizgi sayısı satır ya da sütun sayısından az ise dördüncü adımdan devam edilir.

Dördüncü Adım. Başka Sıfırlar Oluşturma: Üçüncü adımda elde edilen bazı kolon ve satırları silinmiş matris alınarak silinmeyen elemanlar arasında en küçük olanı seçilerek silinmemiş bütün elemanlardan çıkarılır, yatay ve dikey çizgilerin kesişim noktalarındaki elemanlara eklenir. Bütün çizgiler silinerek yeniden üçüncü adıma dönülür ve uygun sıfırlar elde edilinceye kadar devam edilir.

Beşinci Adım. Sıralamanın Belirlenmesi: Üçüncü adımda oluşturulan matrisin birinci satırından başlamak üzere bütün satırlar taranır. Aynı satırda tek sıfır elemanı varsa bu eleman "Δ" işareti ile markalanır ve aynı sütuna başka atamalar yapmamak için sıfırın bulunduğu sütuna olası diğer sıfırlar "X" işareti ile markalanırlar. Bu proses bütün satırlarda markalanmamış hiçbir sıfır kalmayıncaya kadar sürdürülür.




Şekil 10 Macar Algoritması' nın Uygulanması

Şekil 10' da Macar Algoritması' nın otomobil seçimi problemine uygulanması gösterilmektedir. Üst indisler beşinci adımda uygulanan operasyonların sırasını göstermektedir. Bu algoritmanın sonucunda şekil de görüldüğü gibi $A_2$ birinci. $A_3$ ikinci ve $A_1$ üçüncü tercih olmaktadırlar.

Buraya kadar anlatılanlara eklenmesi gereken iki nokta daha vardır:

1) Bu ana kadar yapılanlar hep eşit ağırlıklı kriterlere göredir. Eğer kriterlerin $w_j$ ile ifade edilen farklı ağırlıkları varsa o zaman toplam uzaklık formülü

$$d_{ik} = \sum_j w_j |s_{ij} - k|$$

olur.

2) Eğer sıralama yapılırken ardışık sıralara yerleşmesi gereken alternatiflerin uzaklıkları aynı ise bu alternatiflerin sıralaması olarak her birine, işgal etmeleri gereken sıralamaların ortalaması yazılır.

### 2.9.2 AHP hiyerarşik SAW yöntemi

Saaty ( 1980 ) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Proses ( AHP )'i bilmek hiyerarşik ağaç yapısını kullanarak çözülen kompleks problemleri anlamak açısından oldukça önemlidir. Bu yöntem, KV' ye problemi kriter hiyerarşisine göre düzenlenmiş olarak farklı

bir yaklaşım da sunar. Yöntemde hiyerarşi ağacının en az üç kademe olması gerekmektedir. En üst seviyede hedef, orta seviyede alternatiflerin değerlendirildiği kriterler, en alt seviyede ise alternatifler yer almaktadırlar. Eğer kriterler çok soyut ve daha fazla anlamlandırılmak istemiyorsa o zaman orta kademe daha fazla seviyeden oluşmalıdır.

Örnek: Bir bayan muhasebecinin önünde üç iş olanağını olsun. Alternatifler

- Büyük bir firmaya ortak olmak ($A_1$)
- Kendi işini kurmak ($A_2$)
- Üniversitede akademisyen olmak ( $A_3$)

olsun. Bu karar problemine ilişkin hiyerarşi ağaç Şekil 11' de verilmiştir.

Şekil 11 Kariyer Seçimi İçin Hiyerarşi

Birinci kademede ana hedef olarak "iş tatmini" yer almaktadır. Bunun altında ikinci kademe olarak alternatiflerin değerlendirildiği kriterler, "kazanç", "iş güvencesi", "yükselme imkanı" "iş ortamı" olarak oluşmuştur. Üçüncü olarak en alt kademede de alternatifler bulunmaktadır.

Açıkça görülmektedir ki, ikinci kademedeki kriterler iş tatminini farklı şekillerde etkileyeceklerdir. Bu yüzden, doğru sonuca ulaşabilmek için kriterlerin birbirine karşı önem

dereceleri dördünün aynı anda incelenerek oluşturulması yerine, ikili karşılaştırmalar yapılarak tespit edilmektedir.

İkili karşılaştırmalarda 9 noktalı duyarlılık ölçeği kullanılacaktır. Burada yer alan sayılar kriterlerin birbirlerine göre öncelik derecelerini vermektedir. Tablo 8' da yalnızca beş değer verilmiş olmasına karşın (2, 4, 6, 8) değerleri de karşılaştırma için kullanılabilir.

Tablo 9 Dokuz Noktalı Duyarlılık Ölçeği

| **Eğer A, B 'den (ye) ..... ise** | **Tercih önemi ..... olur.** |
|---|---|
| Eşit Öneme Sahip | 1 |
| Biraz Daha Önemli | 3 |
| Çok Daha Önemli | 5 |
| Çok Fazla Daha Önemli | 7 |
| Olağanüstü Fazla Daha Önemli | 9 |

Yukarıdaki problemde ikinci kademedeki dört kriter kendi içlerinde n.(n-1)/2 yani 6 adet ikili karşılaştırmaya tabi tutulmalıdır.

Kriterler baş harflerine göre, K, G, Y ve O olsun.

(K ;G), (K ; Y), (K ; O), (G ; Y), (G ; O), (Y ; O) ikili karşılaştırmaları yapılabilir.

Değerlendirme sonucunda :

(K : G) = (7 : 1), (K : Y) = (1 :1), (M : O) = (7 : 1), (G : Y) = (1 : 3), (G ;O) = (2 : 1) ;

( Y : O) = (5 : 1) bulunmuştur.

Yapılan bu ikili karşılaştırmalar matris formuna dönüştürülürse;

$$\begin{array}{c} \\ K \\ G \\ Y \\ O \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} K & G & Y & O \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & K/G & K/Y & K/O \\ G/K & 1 & G/Y & G/O \\ Y/K & Y/G & 1 & Y/O \\ O/K & O/G & O/Y & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \\ K \\ G \\ Y \\ O \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} K & G & Y & O \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 7 & 1 & 7 \\ 1/7 & 1 & 1/3 & 2 \\ 1 & 3 & 1 & 5 \\ 1/7 & 1/2 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

olmaktadır.

Bundan sonraki aşamada KV yukarıda değerlendirilmeleri yapılan dört kritere göre alternatifleri ayrı-ayrı ikili karşılaştırmalarla değerlendirilecektir.

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} K & A_2 & A_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 2 \\ 3 & 1 & 5 \\ 1/2 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} G & A_2 & A_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1/5 \\ 1/3 & 1 & 1/7 \\ 5 & 7 & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} Y & A_2 & A_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 1/5 & 2 \\ 5 & 1 & 7 \\ 1/2 & 1/7 & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} O & A_2 & A_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

Kriterler için ikili karşılaştırmaların yapıldığı matrisin satırlarının geometrik ortalamaları alınıp, elde edilen değerler bir vektör halinde yazılır ve vektör elemanları toplam bire normalize edilirse kriterlerin ağırlıkları bulunmuş olur. Aşağıdaki durum anlatılanları göstermektedir.

$$\begin{matrix} K \\ G \\ Y \\ O \end{matrix}\begin{bmatrix} (1x7x1x7)^{1/4} = 2.65 \\ (1/7x1x1/3x2)^{1/4} = 0.56 \\ (1x3x1x5)^{1/4} = 0.36 \\ (1/7x1/2x1/5x1)^{1/4} = 0.35 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.48 \\ 0.10 \\ 0.36 \\ 0.06 \end{bmatrix}$$

Aynı şekilde üç alternatifin değerlendirmeleri de bulunup, elde edilen vektörler matris haline getirilirse,

$$\begin{matrix} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{matrix}\begin{matrix} \begin{matrix} K & G & Y & O \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 0.23 & 0.19 & 0.17 & 0.10 \\ 0.65 & 0.08 & 0.74 & 0.26 \\ 0.12 & 0.73 & 0.09 & 0.64 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

olarak normalize karar matrisi elde edilmiş olur.

Sonuç aşamasında karar matrisinin sütunları yukarıda elde edilen kriterlerin ağırlıklarına göre agrege edilirlerse her kriterin hedef seçime ulaşmadaki katkıları bulunmuş olur. İş tatmini probleminin $A_1$ için hesaplanmış değerleri aşağıda verilmiştir. $A_1$ =0.48+(0.23)+0.10(0.19)+0.36(0.17)+0.06(0.10)=0.1966 Benzer şekilde $A_2$=0.6020 ve $A_3$=0.2014 olarak hesaplanır. Bu sonuca göre seçim, $A_2$ yani kendi firmasını kurmaktır.

### 2.9.3 SWOT analizi (AHP)

Strength (Güçlü Yönleri): Nitel verilere uygun bir karar yöntemidir. Dokuz aralıklı duyarlılık ölçeği ile karşılaştırılan değerlerin yalnızca üstünlüğü değil, aynı zamanda birbirlerine ne kadar üstünlük sağladıkları da ölçülür.

Weakness (Zayıf Yönleri): Yöntem yalnız üzerinde daha önceden anlaşılmış kriter ağırlıklarına uygun olarak çözüm sunmaktadır. Her eksperin vereceği ayrı ağırlık fonksiyonu çözüm için uygun değildir. Ayrıca daha önceden anlatılan agregasyon sonucunda elde edilen kollektif karar matrisinde çıkan değerler bu yöntemle işlenmeğe uygun değildir. Bunu sebebi dokuz aralıklı duyarlılık ölçeği ile alternatiflerin kendi aralarında kıyaslanmalarıdır.

Opportunuties (Fırsatlar): Ağaç yapısı ile KV' ye görsel bir anlatımla kararın nasıl oluştuğu sunulabilmektedir. Sonuçlar rakamsal veriler olduğu için alternatifler arasında sıralama yapılabilmektedir.

Threats (Tehditler): Nitel veriler ile nicel veriler bir arada kullanıldığında kriterlere göre alternatifler karşılaştırılırken çok farklı değerler, negatif değerler kullanılmamalıdır. Çünkü hesaplamalarda geometrik ortalama kullanılmaktadır. ELECTRE' ye göre daha karmaşık matematiksel tabanı vardır.

## 2.10 Grup Karar Verme

Doğru zamanda doğru kararı verme işi özellikle farklı, üstün nitelikleri olan pek çok alternatif olduğu zaman gerçekten zor bir iştir. Örneğin, Hava kuvvetlerine avcı uçağı seçimi, Nobel Barış ödülünü kazanan kişinin seçimi alternatiflerin her birinin ayrı önemi olması bakımından KV' yi ya da Karar Komitesini (KK) oldukça zorlamaktadır.

Genel olarak bakıldığında karar verme işlemi aşağıdaki sırayı takip eder. Hazırlık aşaması, eleme aşaması, değerlendirme aşaması ve karar aşaması. Hazırlık aşaması, alternatiflerde hangi özelliklere bakıldığının tespit edildiği safhadır. İkinci olarak eleme aşamasında, çeşitli yöntemler kullanılarak alternatiflerden yeterli görülmeyenler elenirler. Değerlendirme aşamasında alternatifler gözden geçirilip,mümkünse mülakat yapılır. Son olarak karar aşamasında karar komitesi karar vericiye ya karar için öneriler sunar ya da öne çıkan adayların özellikleri hakkında bilgi sunarlar.

Yukarıda anlatılan karar prosesi grup karar verme başlığı altında bu bölüme konu edilecektir. Kollektif ya da grup karar verme çoklu kriter olması durumunda incelenecek ordinal ve sayısal yaklaşımlarla sunulacaktır.

Matematiksel ve sistematik yaklaşımla,kriterler nitel veya nicel olabilirler. Nitel olarak bahsedilen kriterler ölçümü zor olan yapısal kriterler,nicel olarak bahsedilenler ise, ölçümü kolay olan sayısal büyüklük ya da küçüklük ifade eden kriterlerdir. Nitel kriterlere örnek olarak "iş deneyimi", "dış görünüş" verilirken, Nicel kriterlere "çalıştığı sene", "yakıt harcaması" sayılabilir.

Muhtemel olarak en fazla kullanılan değerlendirme teknikleri, sıralama oranlama skorlama ve kullanım fonksiyonudur. Buna göre ordinal yaklaşım alternatifleri sıralama yolu ile problemi çözer, sayısal yaklaşım da skorlama yöntemini kullanır.

Eğer alternatiflerden bir tanesi özellikleriyle biraz daha öne çıkıyor olsaydı yukarıda anlatılanlara gerek kalmazdı. Ancak genelde ortaya çıkan alternatiflerin özellikleriyle birbirlerine çok yakın olduğu ve bu sebeple seçim yapmanın zorlaştığı durumlardır.

Şekil 12 Değerlendirme Aşamasında Grup Karar Verme Prosesi

### 2.10.1.Genel formülasyon

Üye sayısı n olan bir komite tarafından, m adet adayı p adet kriterle karşılaştırmak suretiyle bir seçim yapılması gerekli olsun. Her komite üyesi değerlendirmesini yaparken diğer üyelerle ayrı kriterleri kullanabilir veya kullanmayabilir. Bu durumda problemin matris formunda gösterilişi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$A^k = [a_{ij}]^k = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1p} \\ a_{21} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2p} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ a_{m1} & \cdots & a_{mj} & \cdots & a_{mp} \end{pmatrix} \quad (k = 1,\ldots,n))$$

Burada

$$A_i^k = [a_{i1} ..... a_{ip}]^k$$

gösterimi i' inci adayının, i den p inci kritere kadar k üyeli komite tarafından değerlendirildiğini anlatmaktadır.

$$A_j^k = [a_{1j} ..... a_{mj}]^k$$

ise j kriterinin, 1'den m' e kadar bütün alternatiflerin k' inci üyesi tarafından değerlendirmesinde kullanıldığı durumu anlatmaktadır.

Problem olan, n adet üye tarafından çeşitli p adet kriter kullanılarak değerlendirilen bütün alternatiflerin olduğu durum aşağıdaki fonksiyonla gösterilebilir.

$$\psi : \{A^k \mid k = 1.....n\} \rightarrow \{G\}$$

Buradaki fonksiyon sıralama, oranlama, skorlama, oylama yöntemlerinden birisiyle bulunabilir. Yalnız, fonksiyon, komite üyeleri tarafından alternatifleri değerlendirmede kullanılan bütün kriterleri içermelidir. Bir sonraki konuda, bu anlatılanlara daha ayrıntılı yer verilmiştir.

### 2.10.2 Ordinal yaklaşım

Buraya kadar problem tanımlanmış ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan bütün kriterleri içeren matris oluşturulmuştur. Bundan sonra alternatiflerin sıralanması için iki yaklaşım vardır.

#### 2.10.2.1 Uzlaşılan kriter yaklaşımı

Bu yaklaşıma her komite üyesi değerlendirme yapılmadan önce üzerinde anlaşılmış belirli kriterleri kullanarak değerlendirme yapar. Her kriter için aşağıdaki gibi bir matris oluşturulabilir.

$$C = \begin{bmatrix} a_{1l}^1 & a_{1l}^2 & \dots & a_{1l}^n \\ a_{2l}^1 & a_{2l}^2 & \dots & a_{2l}^n \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ a_{ml}^1 & a_{ml}^2 & \dots & a_{ml}^n \end{bmatrix} \quad (l = 1,..., p)$$

Daha sonra her komite üyesi (uzman-eksper) tarafından alternatiflere ait Borda Skorları oluşturulur. Şöyle ki; her kritere göre ayrı ayrı değerlendirme yapıldığında m değerlendirilen alternatif sayısı olmak üzere, en iyi alternatife (m-1), ikinciye (m-2), vb. skorlar yazılır. Sonra her alternatife ait toplam Borda Skorları hesaplanır.

Kollektif sıralı matris

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & \cdots & a_{1p} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ a_{m1} & \cdots & \cdots & a_{mr} \end{bmatrix}$$

olarak oluşur. Burada

$$\left[a_{ij}\right]$$

j inci alternatifin kritere göre sırası olmaktadır.

Bununla birlikte, bazı kriterler diğerlerine göre önem bakımından daha öne çıkabilir. Bu durumda kriterlere ağırlık atanmalıdır.

$$W = \{w_1, \ldots w_p\}$$

Vektöründeki $w_i$ elemanı i inci kriter için atanan ağırlık değerini vermektedir. Bütün bunların yanında

$$\sum_{i=1}^{p} w_i = 1$$

olmalıdır. Sözü geçen bu değerler Bölüm 2' de Özdeğer Yöntemi İle Ağırlıklandırma konusu içinde anlatılmaktadır.

Bir uzlaşma matrisini ($\Pi$) formüle edersek; mxm negatif olmayan kare matrisin $\Pi_{ijl}$ elmanı, verilen l kriterine göre i inci alternatifin j inci pozisyondaki sıra sayısını göstermektedir. Kriter için oluşturulan ağırlıklar karar safhasında sisteme dahi edilirse kollektif ağırlıklandırılmış uzlaşma matrisi;

$$G = \left[ g_{ij} = \sum_{i=1}^{n} \pi_{ij} w_i \right]$$

olmaktadır. Eğer i' inci alternatif j' inci pozisyonda ise $\Pi_{iji}$=1, diğer durumlarda sıfır olmaktadır.

Bu anlatılanlar Lineer Programlama konusu olan "Atama Problemi" ile de çözülebilir. O zaman hedef ve kısıtlar;

$$Max \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} g_{ij} x_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1 \qquad j = 1,....,m$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1 \qquad i = 1,....m$$

olur.

Yukarıda eğer j, i' ye atanırsa $x_{ij}$=1, diğer türlü sıfır olmaktadır.

### 2.10.2.2 Bireysel yaklaşım

Seçimi yapacak komite üyeleri kendi kriter değerlendirmeleri ve kendi kriterleri ile seçim yapabilir. Bu durumda her üyenin kendi kriter seti ve ağırlık dağılımı olacaktır.

Bu durumda

$$\sum_{j=1}^{n} w_j^k = 1$$

ve

$$W^k = (w_1, \ldots, w_n)^k, \quad k = 1, \ldots, n$$

olur. Burada $w_j^k$, k inci uzmanın j inci kritere atamış olduğu ağırlık olmaktadır. Bu ağırlık vektörleri de Eigen Vektör Fonksiyonu ile bulunabilirler. Yukarıda da anlatıldığı gibi her uzmanın kendisine göre uzlaşma vektörü bulunur. Bundan sonra Bireysel Ağırlıklandırılmış Uzlaşma Matrisi;

$$F^k = \left[ f_{ij}^k \right] = \left[ \sum_{l=1}^{n} \pi_{ijl} w_l \right]^k$$

olarak bulunur. Lineer programlama modeli de;

Hedef

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij}, \quad j = 1, \ldots, m$$

Kısıt

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1, \quad i = 1, \ldots, m$$

olarak kurulur.

Alternatiflerin tercih sıralamasında Borda Skorları hesaplamaları ile de sonuca gidilebilir. Borda Skorlarının uygulaması bir önceki konu ile aynıdır.

**Örnek:** Altı uzman, üç kriter üzerinden $a_2$'den $a_6$'ya kadar olan beş alternatifi incelemiş olsun ve bununla ilgili ordinal sıra matrisleri aşağıdaki gibi olsun.

$$A^1 = \begin{array}{c} \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} S_1 & S_2 & S_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 5 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 2 \\ 3 & 4 & 4 \\ 4 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \end{array} \qquad A^2 = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} S_1 & S_2 & S_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 3 & 4 & 4 \\ 2 & 2 & 1 \\ 5 & 3 & 5 \\ 4 & 5 & 2 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$A^3 = \begin{array}{c} \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} & & \end{array} \\ \begin{pmatrix} 3 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 2 \\ 5 & 3 & 5 \\ 4 & 5 & 1 \\ 2 & 2 & 3 \end{pmatrix} \end{array} \qquad A^4 = \begin{array}{c} \\ \begin{pmatrix} 4 & 1 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 5 & 4 & 5 \\ 3 & 2 & 4 \\ 1 & 5 & 2 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$A^5 = \begin{array}{c} \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} & & \end{array} \\ \begin{pmatrix} 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 2 \\ 5 & 5 & 5 \\ 3 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \end{array} \qquad A^6 = \begin{array}{c} \\ \begin{pmatrix} 1 & 5 & 5 \\ 3 & 1 & 2 \\ 5 & 4 & 4 \\ 4 & 3 & 3 \\ 2 & 2 & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

i) Uzlaşılan Kriter Yaklaşımı

Kriterlere göre matrisleri düzenlersek $S_1$ kriterleri için

$$\begin{array}{c} \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} Eks.1 & Eks.2 & Eks.3 & Eks.4 & Eks.5 & Eks.6 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 5 & 3 & 3 & 4 & 4 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 3 \\ 3 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 4 & 4 & 4 & 3 & 3 & 4 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 \end{pmatrix} \end{array}$$

matrisi ortaya çıkar aynı şekilde $S_2$ ve $S_3$ kriterleri için de benzer düzenleme yapılmalıdır. Bu matriste m=5 alternatif vardır. Birinci sıradakine (m-1)=(5-1)=4 olmak kaydıyla bütün

$$\begin{array}{c} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 & 1 & 1 & 4 \\ 3 & 3 & 4 & 3 & 4 & 2 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ 4 & 4 & 3 & 4 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

alternatiflere sıfıra kadar skorlar yazılırsa

$$\begin{array}{c} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{pmatrix} 10 \\ 19 \\ 2 \\ 8 \\ 21 \end{pmatrix}$$

bulunur. Bu matriste satır toplamları her alternatife ait Borda Skorunu vermektedir.

En yüksek Borda Skoru olan alternatif birinci sıraya yazılır, diğerleri takip eden biçimde sıralanırsa, $S_1$ için $\{a_6, a_3, a_2, a_5, a_4\}$ , $S_2$ için $\{a_3, a_6, a_2, a_4 \sim a_5\}$, $S_3$ için $\{a_3, a_6, a_5, a_2, a_4\}$ sıralamaları elde edilir. Burada ~ işareti $a_4$ ile $a_5$ arasında bir bağ olduğunu göstermektedir. Her üç alternatifin birden gösterildiği kollektif sıra matrisi aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\begin{array}{c} \\ A = \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} S_1 & S_2 & S_3 \end{array} \\ \begin{array}{c} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{pmatrix} 3 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 1 \\ 5 & 4.5 & 5 \\ 4 & 4.5 & 3 \\ 1 & 2 & 2 \end{pmatrix} \end{array}$$

Yukarıdaki matriste görülen 4.5 değeri $a_4$ ve $a_5$ 'in $S_2$' ye göre sıralamada eşit olarak dördüncü ve beşinci yerleri işgal ettiklerini göstermektedir. Bu sebeple ortalamaları olan 4.5

yazılmıştır. π uzlaşma matrisi ve ($w_1$, $w_2$, $w_3$) ağırlık dağılımını içeren matris de şöyle hesaplanmıştır.

$$g_{11} = \sum_{l=1}^{3} \pi_{11l} w_l = 0$$

ve

$$G = \begin{array}{c} \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1. & 2. & 3. & 4. & 5. \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & w_1+w_2 & w_3 & 0 \\ w_2+w_3 & w_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/2w_2 & w_1+w_2+1/2w_2 \\ 0 & 0 & w_3 & w_1+1/2w_2 & 1/2w_2 \\ w_1 & w_1+w_2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

Normal durumda kriter ağırlıkları ($w_1$, $w_2$, $w_3$) uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda Eigen Vektör Fonksiyonu kullanılarak ya da buna benzer başka yöntemler kullanılarak hesaplanmalıdırlar. Ancak, bu örnek problem içinde W=(0.2, 0.3, 0.5) olarak kabul edilsin. Bu durumda kollektif ağırlık uzlaşma matrisinin sayısal değeri

$$G = \begin{array}{c} \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1. & 2. & 3. & 4. & 5. \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.15 & 0.85 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.35 & 0.15 \\ 0.2 & 0.8 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

olmaktadır.

Bu aşamadan sonra Atama Problemi Tekniği ile çözüme ulaşılır. Ancak,örnek problem bir maksimizasyon problemi olması ve sonuçların çok kolay ayırt edilebilmesi sebebiyle, söz konusu yöntem kullanılmadan da çözüme ulaşır.

| $i$ \ $j$ | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|---|---|---|---|---|---|
| $a_2$ | 0 | 0 | 0.5 | (0.5) | 0 |
| $a_3$ | (0.8) | 0.2 | 0 | 0 | 0 |
| $a_4$ | 0 | 0 | 0 | 0.15 | (0.85) |
| $a_5$ | 0 | 0 | (0.5) | 0.35 | 0.15 |
| $a_6$ | 0.2 | (0.8) | 0 | 0 | 0 |

Sıralama {$a_3$, $a_6$, $a_5$, $a_2$, $a_4$} şeklinde olmakta, ve alternatiflere ilişkin maksimize edilmiş ağırlık 3.45 ve alternatiflerin tercih ağırlıkları {0.8+0.8+0.5+0.5+0.85} olmaktadır.

2) Bireysel Yaklaşım

Her eksperin kendi kriter seti ve kriter ağılıklarının olduğu durumda kriter ağırlıkları $W^k=(w_1, w_2, w_3)^K$, k=1,...,m olmaktadır. Kriter ağırlıklarının hesaba alındığı uzlaşma matrisi Eksper 1 için aşağıda verilmiştir.

| *Alternatif* \ *Sıra* | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|---|---|---|---|---|---|
| $a_2$ | 0 | 0 | $w_2 + w_3$ | 0 | $w_1$ |
| $a_3$ | $w_2$ | $w_1 + w_3$ | 0 | 0 | 0 |
| $a_4$ | 0 | 0 | $w_1$ | $w_2 + w_3$ | 0 |
| $a_5$ | 0 | 0 | 0 | $w_1$ | $w_2 + w_3$ |
| $a_6$ | $w_1 + w_3$ | $w_2$ | 0 | 0 | 0 |

Eğer Eksper 1'e göre ağırlık dağılımı W=(0.2, 0.3, 0.5) olarak yazılırsa o zaman matris

$$F = \begin{array}{c} \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1. & 2. & 3. & 4. & 5. \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.8 & 0 & 0.2 \\ 0.3 & 0.7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.8 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

gibi olacaktır.

Bu aşamadan sonra problem Atama Problemi Tekniği ile çözülebilir. Her eksper için bu tekrarlanırsa sıralamalar aşağıdaki gibi olacaktır.

Eksper 1 : W=(0.2, 0.3, 0.5), $\{a_6, a_3, a_2, a_4, a_5\}$

Eksper 2 : W=(0.3, 0.3, 0.4), $\{a_6, a_3, a_2, a_5, a_4\}$

ya da

$\{a_6, a_3, a_4, a_2, a_5\}$

Eksper 3 : W=(0.2, 0.4, 0.4), $\{a_3, a_6, a_4, a_2, a_5\}$

Eksper 4 : W=(0.3, 0.4, 0.3), $\{a_2, a_5, a_3, a_4, a_6\}$

Eksper 5 : W=(0.33, 0.33, 0.33), $\{a_3, a_6, a_5, a_2, a_4\}$

Eksper 6 : W=(0.3, 0.2, 0.5), $\{a_6, a_3, a_5, a_4, a_2\}$

Tercih sıralamalarını agrege etmek için Borda Skorları kullanılır. Yukarıdaki sıralamalar kullanılarak aşağıdaki matris elde edilir. Burada ilk tercih edilene dört,ikinciye üç ve diğerlerine de ardışık değerler atanmıştır. İkinci eksper için iki ayrı sıralama söz konusu olduğu için buradan sonra problem ikiye dallanır. Her ikisi de aynı şekilde çözülür. Burada yalnızca bir sıralama seti kullanılarak yapılan hesap gösterilecektir.

| | *Eks.*1 | *Eks.*2 | *Eks.*3 | *Eks.*4 | *Eks.*5 | *Eks.*6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a_2$ | 3 | 3 | 4 | 1 | 4 | 5 |
| $a_3$ | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| $a_4$ | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| $a_5$ | 5 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| $a_6$ | 1 | 1 | 2 | 5 | 2 | 1 |

4, 3, 2, 1, 0 değerleri atanırsa,

$$\begin{array}{c} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 & 4 & 1 & 0 \\ 3 & 3 & 4 & 2 & 4 & 3 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 3 & 2 & 2 \\ 4 & 4 & 3 & 0 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

satırların toplamiyla oluşan Borda Skorları

$$\begin{array}{c} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{array} \begin{pmatrix} 10 \\ 19 \\ 5 \\ 8 \\ 18 \end{pmatrix}$$

Sonuçta sıralama $\{a_3, a_6, a_2, a_5, a_4\}$ olarak şekillenir. Diğer kısımdan da elde edilen sonuç alınırsa $\{a_3, a_6, a_2, a_4, a_5\}$ olduğu görülecektir. Karşılaştırma sonucunda sıralama $\{a_3, a_6, a_2, a_4 \sim a_5\}$ olmakta, $a_4$ ile $a_5$ arasında bağ olmaktadır.

### 2.10.3 Sayısal yaklaşım

Maliyet, zaman, hız, hacim ve benzer kriterler hem sayısal hem da nitel olarak ifade edilebilirler. Bunun yanında performans, bağımsızlık, estetik ve benzerleri ise nümerik olmayan veya nitel değerlerle ifade edilebilirler. Bütün bunlardan yalnızca bir tanesinin olduğu seçim problemleri genelde hayatımızda karşılaşılan türden problemler değillerdir. Karşılaşılan problemlerin büyük çoğunluğunda hem nitel, hem de nicel değerler bir arada bulunmaktadır. Buna ek olarak, nicel değerler de kendi içlerinde ölçü birimlerinden kaynaklanan uyumsuzluğa sahiptirler. Bütün bu uyumsuzluklar var iken karar matrisinin değerlendirmesi doğal olarak mümkün değildir. Örneğin; Otomobil seçimi probleminde karar matrisinde ki Estetik kriteri değerlendirmeleri iyi, oldukça iyi, orta, kötü, oldukça kötü iken, yakıt sarfiyatı değerleri 6.5 lt/100 km ve benzer değerler iken, iç hacim değerleri 400 $dm^3$ ve benzer değerler iken karar matrisinin herhangi bir işleme tabii tutulamayacağı ortadadır. Çünkü ne " kötü " ile 6.5 lt/100 km ne de 6.5 lt/100 km karşılaştırılma olanağına sahiptirler. Bu tür problemlere Ölçek Problemleri denir. Ölçek probleminden kurtulmak iki adımda gerçekleştirilir.

Birinci adımda, datalar toplanırken nitel değerler için Dokuz Noktalı Duyarlılık ölçeği kullanılır. Önceki bölümlerde anlatılan bu yöntemle nitel veriler sayısallaştırılırlar ancak. elde edilen bu sayılar her tür aritmetik işlem için kullanılamazlar.

İkinci olarak birimsizleştirilmeleri (boyutsuzlaştırma) gereken değerler çeşitli normalizasyon işlemlerinden geçirilerek boyutsuzlaştırılırlar. Bu bölümde vektörel normalizasyon kullanılacaktır. Vektör Normalizasyonu bireysel karar matrisinin her kolon vektörünün kendi normuna bölünmesiyle tarif edilir.

Bu durumda normalize bireysel karar matrisi; $d_{ij}^k$, $D^k$ matrisinin elemanı olması durumunda

$$d_{ij}^k = \frac{a_{ij}^k}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} \left(a_{ij}^k\right)^2}}$$

k=1,...,n, j=1....,p olur.

Buna ek olarak seçimi yapacak komite üyeleri kriterlerin Yarar Kriteri mi yoksa Maliyet Kriteri mi olduğuna karar vermelidirler. Bütün kriterler monoton artan ya da azalan şeklinde olduktan sonra karşılaştırma mümkün olmaktadır.

### 2.10.4.1 Uzlaşılan kriter yaklaşımı

Komite Seçim probleminin bu formunda, bütün üyelerin eşit ağırlıklı olduğu ve daha önceden kararlaştırılmış kriterlere göre değerlendirme yaptıları kabul edilmektedir. Bu durumda kollektif karar matrisi komite üyelerinin bireysel karar matrislerinin agregasyonuyla oluşmaktadır.

Kollektif matris

$$C = [c_{ij}] = \left[\frac{\sum_{k=1}^{n} d_{ij}^k}{n}\right], \mathrm{i} = 1,...,\mathrm{m} \quad \mathrm{j} = 1,...,\mathrm{p}$$

Bütün kriterler bağıl olarak aynı öneme sahip olmayabileceklerine göre sistemde ayrıca ağırlık vektörüne de yer verilmiştir. Sözü geçen ağırlık vektörü Delfi ya da NGT (Nominal Group Technique) yöntemleri ile bulunabilir.

Ağırlık vektörünün $W=[w_1,...,w_p]$.

$$\sum_{j=1}^{p} w_j = 1$$

olduğu göz önüne alındığında Ağırlıklandırılmış Kollektif Karar Matrisi, Kollektif Karar Matrisinin kolonlarının, ilgili olduğu $w_j$ ağırlık vektörü elemanıyla çarpımına eşittir.

Ağırlıklandırılmış kollektif karar matrisi

$$F = \lfloor f_{ij} \rfloor = \lfloor c_{ij}.w_j \rfloor, i = 1.....m \quad j = 1.....p$$

İdeal çözümden en kısa mesafede duran alternatifin en iyi alternatif olduğu mantığıyla geliştirilen TOPSIS yöntemi seçim probleminin bu adımdan sonra çözüme gitmesi için devreye girmektedir.

### 2.10.4.2 Bireysel yaklaşım

Eğer her eksper, kriterlerin ağırlıklı dağılımlarını farklı değerlendiriyorsa grup karar verme problemi başka bir yaklaşıma gerek duymaktadır. $w_{jk}$ 'nın k' ıncı uzmanın yapmış olduğu ağırlıklı dağılımında j'inci kriterin ağırlığı olduğu durumda;

$$w^k = \left(w_1^k,...,w_p^k\right), \quad k = 1,...,n \quad \sum_{j=1}^{p} w_j^k = 1$$

Bireysel yaklaşım da iki farklı şekilde çözülebilmektedir.

#### 2.10.4.2.1 Toplamsal ağırlıklı yaklaşım

$J \in \{1,...,p\}$

Çok özellikli seçim problemi olduğu zaman sonuca ulaşmak için en basit yol, kriter ve bireysel transformasyon fonksiyonudur. Sözü edilen fonksiyon:

$$G_i = \left\{ \sum_{k=1}^{n} \sum_{j=1}^{r} w_j^k . d_{ij}^k \middle| j \in J \right\} - \left\{ \sum_{k=1}^{n} \sum_{j=1}^{r} w_j^k . d_{ij}^k \middle| j \in J' \right\} \qquad i = 1,\ldots,m$$

olmaktadır. Burada:

$$J = \{ j = 1,\ldots, p | j \quad Yarar \quad Kriteri \}$$

$$J' = \{ j = 1,\ldots, p | j \quad Maliyet \quad Kriteri \}$$

$G_i$ bütün komite üyeleri tarafından hesaplanan ve temel olarak yarar kriteri ve maliyet kriteri arasındaki farka dayanan tercih değeridir. Tercih sıralaması $G_i$ değerlerinin sıralamasından oluşturulmaktadır.

#### 2.10.4.2.2 TOPSIS ve Borda Fonksiyonu yaklaşım

Ağırlıklandırılmış Bireysel normalize matris $F^k$, $D^k$ matrisinin kolonlarının ilgili ağırlık ($w_j$) ile çarpımı sonucunda elde edilir.

$$F^k = \left[ f_{ij}^k \right] = \left[ w_j^k . d_{ij}^k \right], \quad k = 1,\ldots,n \quad i = 1,\ldots,m \quad j = 1,\ldots,p$$

Yukarıdaki formüle göre ağırlıklandırılmış normalize matris hesaplandıktan sonra, tercih sıralamasını belirlemek için TOPSIS kullanılır. Prosedür önceki konuda anlatılan yöntemle aynı şekilde işlemektedir. Daha sonra Borda fonksiyonu ile kollektif tercih sıralaması bulunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus m alternatifli bir problemde Borda fonksiyonu için skorlar hesaplanırken birinci sıradaki alternatife (m - 1), ikinci sıradakine (m - 2), vb. son sıradakine 0 değerleri atanmış olmalıdır. Bu değerler Borda Skorlarını elde etmede kullanılacak değerlerdir.

## 2.11 Dağılımlar: Merkezi Eğilim Ölçüleri

### 2.11.1 Dağılım kavramı

İstatistik, bilindiği gibi belirsizlik ve tesadüfilik koşulları altında karar verme amacına hizmet eden bilim dalıdır. Bu amaca hizmetle, veriler toplanır, sınıflandırılır, ve analiz edilir. Asıl amaç olan karar verme işlemi sırasında eldeki bilgiler işlenirken verilecek karara etkiyen noktalardan en önemlisi olarak, bilgilerin işlenme yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Yöntemler belirlenirken ise, bilgilerin nasıl bir istatistiksel kütle oluşturduğunun bilinmesi ayrı bir önem taşır. Bu sebeple sonraki bölümde "Merkezi Eğilim Ölçüleri" kullanarak dağılımların incelenmesi incelenecektir.

Yapılan bu araştırmada dağılımın ne şekilde karakterize edileceği sorunu, vaka çalışmasında anlatılacağı gibi, bir grup uzmanın belli bir kritere göre alternatiflere verdiği değerlerden oluşan karar matrislerinin, bir kollektif karar matrisine dönüştürülmesinde karşımıza çıkmaktadır.

### 2.11.2 Merkezi eğilim ölçüleri

Çok çeşitli olan merkezi eğilim ölçüleri, oldukça değişik şekillerde sınıflandırılabilir. Ancak, sözü geçen sınıflandırmaların en önemlisi dağılımdaki birimlerin tamamının hesaplamada kullanılıp, kullanılmayacağıdır. Bu ölçüte göre merkezi dağılım ölçüleri iki sınıfa ayrılır:

- Birimlerin tamamının hesaplamada kullanıldığı ölçüler ki, bunlar aritmetik ortalama, geometrik ortalama, harmonik ortalama ve kuadratik ortalamadır.
- Birimlerin tamamının hesaplamada kullanılmadığı ölçüler. Sırasıyla; medyan, mod, dörtte bir ve onda birlerdir.

Bu çalışmada ikinci grup ölçülere analize katılacak bilgileri azaltmaları sebebiyle yer verilmemiştir.

#### 2.11.2.1 Aritmetik ortalama

N sayısı birim olsun,ölçülen değerleri $X_i$ olarak gösterelim. Örneğin Gemi İnşaat Fakültesi öğrencilerinin ailelerinin aylık gelirleri ile ilgili bir araştırma yaptığımızı varsayalım. Bu durumda $X_i$, her öğrencinin ailesinin aylık gelirini gösteren bir değişkendir. $X_i$ değerlerinin dağılımının aritmetik ortalaması ise, $\mu$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i = \frac{\sum X}{N}$$

formülü ile hesaplanır. Kısaca birimlerin değerler toplamının toplam birim sayısına bölümüdür diye ifade edebiliriz.

Örnek : 42, 58, 103, 33, 26, 86 şeklinde verilen $X_i$ değerlerinin ortalaması,

μ =348/6=58 dir.

Aritmetik ortalamanın özellikleri :

1. μ, bütün birim değerleri kullanılarak hesaplanır.

2. Birimlerin değerlerinin ortalamadan cebrik sapmalarının toplamı sıfır'dır.

$$x_i = X_i - \mu$$

ise

$$\sum_{i=1}^{N} x_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_i = \sum_{i=1}^{N} (X_i - \mu) = \sum_{i=1}^{N} X_i - \sum_{i=1}^{N} \mu = \sum X_i - N_\mu$$

Çünkü :

$$= \sum_{i=1}^{N} X_i - N\frac{\sum X_i}{N} = \sum X_i - \sum X_i = 0$$

3. Ortalamadan sapmaların karelerin toplamı minimumdur. Yani birimlerin başka herhangi bir değerden sapmalarının karelerinin toplamı daha büyüktür.

4. Bir toplamın ortalaması ortalamalar toplamına eşittir.

X=Y+Z olsun

$$\mu_x = \frac{\sum X}{N} = \frac{\sum (Y+Z)}{N} = \frac{\sum Y}{N} + \frac{\sum Z}{N} = \mu_y + \mu_z$$

$$\mu_x = \mu_y + \mu_z$$

Bunu ifade etmek gerekirse; sınıftaki öğrencilerin aile gelirlerinin iki bileşeni olduğunu kabul edelim. Otomotiv sektöründen sağlanan gelirler (Y), otomotiv sektörünün dışında kalan sektörden sağlanan gelirler (Z) ve aile toplam gelirini X ile gösterelim. Aile toplam gelirlerinin ortalaması,otomotiv geliri ortalaması ile otomotiv dışı aile geliri ortalamasının toplamına eşittir.

5. Dağılımı $N_1$, $N_2$,... gibi alt bölümlere ayırıp, her alt bölüm için ortalama hesaplanırsa bu ortalamaların ağırlıklı ortalaması kütle ortalamasına eşittir. Burada her $\mu_j$, alt grubun birim sayısı ile ağırlıklandırılsın. $\mu_w$ ağırlıklı ortalama $\mu$ olsun.

$$\mu_w = \frac{N_1\mu_1 + N_2\mu_2 + ....}{N_1 + N_2 + ....}$$

Bir örnekle açıklamak gerekirse; Gemi İnşaat Fakültesi kız ve erkek öğrencilerinin aile gelirlerinin ayrı-ayrı ortalamaları $\mu_k$ ve $\mu_E$, Gemi İnşaat öğrencilerinin tümüne ait ortalama da $\mu$ olsun.

$$\mu = \frac{N_k\mu_k + N_E\mu_E}{N}$$

Tümüne ait ortalama, alt grup ortalamalarının alt grup birim sayıları ile ağırlıklandırılmış bir ortalamasından oluşur.

6. Aritmetik ortalama uç değerlerden büyük ölçüde etkilenir. Aritmetik ortalamanın en önemli kullanım tehlikesidir. Gemi İnşaat Fakültesi öğrencileri arasında Sabancı Yönetim

Kurulu Başkanının kızı bulunsa, bu öğrenci tek başına öğrencilerin aile aylık gelirlerinin dağılımının ortalamasına önemli ölçüde etkili olur ve ortalamayı yukarıya doğru çeker.

Diğer eğilim ölçülerinin ortaya çıkış nedeni, aritmetik ortalamanın bu özelliğidir.

### 2.11.2.2 Ağırlıklı aritmetik ortalama

$X_i$ lerin her birini aritmetik ortalama hesaplamalarında eşit ağırlıklı orak kabul etmiştik. Oysa birçok durumda $X_i$ ler farklı önem derecelerine sahip olabilir. Konu ile ilgili bir örnek verelim:

Çelik konstrüksiyonu yapılan 1200 tonluk bir gemide sac işçilik maliyeti için aşağıdaki değerler bulunmuştur.

| | |
|---|---|
| Kruzlu bölgelerde | 0.48 USD/kg |
| Paralel teknede | 0.27 USD/kg |

Söz konusu geminin kruzlu bölge olarak nitelendirilen kısmının ağırlığı 420 ton, paralel tekne olarak nitelendirilen kısmının ağırlığı da 780 tondur. Benzer gemi için saç işçiliği götürü birim maliyeti olarak bu iki değerin basit aritmetik ortalaması olan 0.375 değeri elbette ki alınamaz. Çünkü teklif verilecek yeni gemi her ne kadar benzer olursa olsun kruzlu bölge ve paralel tekne kısımlarının ağırlıkları tam olarak bilinemediği için, verilecek yeni gemi teklifinde götürü bir fiyat tespit edilmelidir. Bu fiyatta ancak yukarıdaki maliyet değerlerinin eski gemi için ağırlıklı ortalamasıyla bulunabilir.

Götürü Sac İşçilik Maliyeti;

$$\mu_\omega = \frac{\sum_{I=1}^{N} \omega_I X_I}{\sum_{I=1}^{N} \omega_i} = \frac{\sum \omega_i X_i}{\sum \omega_i}$$

formülü ile,

$$\frac{780.0{,}27 + 420.0{,}48}{780 + 420} = 0{,}34 USD/kg$$

olarak bulunur.

**SWOT analizi**

Strength (Güçlü Yönleri): İstatistiksel tahmin ve istidlal (sonuç çıkarma) yöntemleri genellikle aritmetik ortalama ölçüsü üzerine kurulmuştur. Ayrıca aritmetik ortalama. matematiksel işlemlere çok uygun bir yöntemdir. Birimlerin hepsi kullanılarak hesaplanır. Böylece, daha fazla bilginin analize dahil olması sağlanır.

Weakness (Zayıf Yönleri): Dağılımdaki uç değerlerden etkilenir. Örneğin bir sınıftaki öğrencilerin ailelerinin gelir ortalaması, eğer o sınıfta çok zengin bir ailenin çocuğu da varsa belki de diğer bütün ailelerin gelirlerinin toplamından daha fazla olabilecektir.

Opportunuties (Fırsatlar): Alt bölüm ortalamalarından bütüne ait ortalamaların bulunabilmesi, ortalama ile birim sayısı çarpımının birimlerin toplam değerimi vermesi yöntemin sunduğu fırsatlar olarak değerlendirilebilir.

Threats (Tehditler): Dağılımdaki birimlerin boyutlarının, toplanabilir olması bakımından aynı olması gerekliliği de, eğer yerine getirilmezse yöntemin yol açabileceği tehlikeleri oluşturmaktadır.

### 2.11.2.3 Geometrik ortalama

Geometrik ortalama; G,

$$G = \left( \prod_{i=1}^{N} X_i \right)^{\frac{1}{N}} = (X_i \ldots\ldots\ldots X_N)^{\frac{1}{N}}$$

Formülü ile hesaplanır.

Kısaca Geometrik Ortalama; Bir kütledeki birim değerlerinin çarpımlarının birim sayısı N' inci dereceden köküdür. İşlem yapılırken logaritma fonksiyonundan yaralanılır.

$$\log G = \frac{1}{N} \log \left[ \prod_{i=1}^{N} X_i \right] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \log X_i$$

Yani log G, birimlerin 10 tabanına göre logaritmalarının aritmetik ortalamasıdır. G' yi bulmak için birimlerin logaritmaları bulunur,toplanır,birim sayısına bölünür,çıkan sayının antilog' u G'yi verecektir.

Örnek: 1989 yılında sebze satış fiyatları aşağıda verilmiştir:

| Meyve Adı | Kilogram Fiyatı Lira(X) | log.X |
|---|---|---|
| Portakal | 1200 TL | 3.079181 |
| Armut | 1800 TL | 3.255272 |
| Elma | 1000 TL | 3.0 |
| Mandalina | 1400 TL | 3.146128 |
| Muz | 4000 TL | 3.60206 |
| Üzüm | 2000 TL | 3.10103 |
| | 11400 | 19.383671 |

$$\log G = \frac{19.383671}{6} = 3.230612$$

G=1700.64 TL

μ=1900 TL

Eğer birimlerin her biri sayılarla tekrarlanıyorsa, formül;

$$G = \left[\prod_{j=1}^{k} X_j^{fj}\right]^{\frac{1}{N}} = \left(X_1^{f1} X_2^{f2} \ldots . X_k^{fk}\right)^{\frac{1}{N}} \sum_{j=1}^{k} f_k = N$$

$$\log G = \frac{1}{N} \log\left[\prod_{j=1}^{k} X_j^{fj}\right] = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{k} f_j$$

Yukarıdaki örnekte günlük satış miktarlarını da hesaplarımıza kattığımızda;

| Meyve Adı | Kilogram Fiyatı TL (X) | Satılan Miktar Kg (f) | log. X | flog. X |
|---|---|---|---|---|
| Portakal | 1200 TL | 250 | 3.079181 | 769.7953 |
| Armut | 1800 TL | 70 | 3.255272 | 227.86908 |
| Elma | 1000 TL | 85 | 3.0 | 255.0 |
| Mandalina | 1400 TL | 150 | 3.146128 | 471.9192 |
| Muz | 4000 TL | 30 | 3.60206 | 108.0618 |
| Üzüm | 2000 TL | 50 | 3.10103 | 165.0515 |
| | 11400 | 635 | 19.383671 | 1997.69688 |

$$\log G = \frac{1997.69688}{635} = 3.145979$$

**G=1399.52 TL** (μ=941000/635=1481.89 TL)

Geometrik Ortalamanın Özellikleri:

1. Geometrik ortalama birimlerin hepsi ile ilgili değerler kullanılarak hesaplanır.
2. Negatif ya da sıfır değerli birimler, G' nin hesaplanmasını engeller. (Logaritmaya çevirme işleminin yapılabilmesi için değerlerin pozitif olması gerekir.).
3. Geometrik ortalama daima aritmetik ortalamadan küçük değerdedir.
4. Birim değerlerinin geometrik ortalamaya oranlarının çarpımı 1'dir.
5. G, birimlerin değerleri arasındaki oranlara göre değer alır.
6. G, uç değerlerden aritmetik ortalama kadar etkilenmez.

Bu özellikleri ile geometrik ortalama, özellikle indeks hesaplarında kullanılmaya çok uygundur.

### 2.11.2.4 Ağırlıklı geometrik ortalama

Birimlerin her birine verilen ağırlıkları $w_i$ ile gösterelim.

$$\log G_{\omega} = \frac{\sum \omega \log X}{\sum \omega}$$

Formül;

olacaktır.

**SWOT analizi**

Strength (Güçlü Yönleri): Geometrik ortalama birimlerin hepsi ile ilgili değerler kullanılarak hesaplanır. Bu şekilde aritmetik ortalamada da sözü edildiği gibi, daha fazla bilginin analize dahil olması sağlanır.

Weakness (Zayıf Yönleri): Negatif ya da sıfır değerli birimler geometrik ortalamanın hesaplanmasını engeller. Örneğin Sibirya' da kışın ortalama sıcaklığı hesaplamak yöntemin matematiksel temeli gereği mümkün değildir.

Opportunuties (Fırsatlar): Aritmetik ortalamaya göre daima küçük değerdedir. Birim değerlerinin geometrik ortalamaya çarpımı 1 (bir)' dir. Birimlerin değerleri arasındaki oranlara göre değer alır ve uç değerlerden aritmetik ortalama kadar etkilenmez. Bu özellikleri ile indeks hesaplamalarında çok kullanılır.

Threats (Tehditler): Aritmetik ortalamaya göre hesap yöntemi logaritmik fonksiyonlar içermesi yüzünden daha karışıktır.

### 2.20.2.5 Harmonik ortalama

H, birimlerin değerlerinin terslerinin aritmetik ortalamasıdır. Yani;

$$H = \frac{1}{\frac{\sum\left(\frac{1}{X}\right)}{N}} \; veya \; \frac{1}{H} = \frac{\sum\left(\frac{1}{X}\right)}{N}$$

Harmonik ortalama nadiren kullanılır. Esas olarak bu yöntem, zaman birimi başına hız. para birimi başına satın alınan birim sayısı gibi hesaplamalarla sınırlıdır. Ek olarak birimlerin değerlerinden birisi sıfır olduğu zaman hesaplama yapılamaz. Birimlerde işaret farklılığı olduğu zaman da hesaplaması anlamsız sonuç verir. Önemli bir eksik noktası da küçük değerlerden büyük ölçüde etkilenir.

### 2.11.2.6 Kuadratik ortalama

RMS, birimlerin değerlerinin karelerinin ortalamasının karekköküdür. Formülü;

$$R.M.S. = \sqrt{\bar{X}^2}$$

$$R.M.S. = \left( \frac{\sum X^2}{N} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Sınıflandırılmış verilerde formül :

$$R.M.S. = \left( \frac{\sum m^2 f}{\sum f} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Kuadratik ortalama çok az kullanılır. Birimlerin değerlerinden bazıları negatif ise bu yöntem seçilebilir ve çıkan sonuç daha önce konu edilen ortalamaların hepsinden daha büyüktür.

# 3. YÖNTEM

Çok özellikli karar verme konusunda karşımıza çıkan en büyük engel, birden fazla eksper olması durumunda bu eksperlerin her birinin ayrı kriter değerlendirmesi olması ve yine bu eksperlerin alternatifler üzerine yaptıkları değerlendirmelerin ne şekilde karar verme sürecine etkiyeceğidir.

Devam eden kısımda varolan bir karar problemine birden fazla eksperin olduğu, her eksperin konu ile ilgili kıstaslarının ayrı olduğu ve buna ek olarak da karar vericinin (KV) söz konusu uzmanların görüşlerinden ne oranda yararlanacağının irdelendiği bir karar algoritması üzerinde durulacaktır. Burada yalnızca problemin çözümüne ilişkin metod anlatılmış olup, konu ile ilgili örnek vaka çalışması Bölüm 4' te verilmiştir.

İnceleme ilk olarak kriterler üzerine yoğunlaştırılacak, daha sonra alternatiflerin eksper bazında incelenmesi ve sırasıyla kollektif karar matrisinin oluşturulması, TOPSIS metoduyla çözümün elde edilmesi üzerine kaydırılacaktır.

## 3.1 Kriterlerin Belirlenmesi

Karar verme probleminde olduğu gibi bir problem ile karşı karşıya gelindiği zaman bilimsel çözüm teknikleri açısından yapılması gereken öncelikle eldeki verilerin toplanması, derlenmesi ve çözüm için yardımı olabilecek nelerin olduğunun ortaya çıkarılmasıdır. Daha sonra benimsenen çözüm yoluyla verilerin işlenebilmesi için ne gibi işlem ya da veri eksiğinin olduğunun ortaya çıkarılması, bunun gereği olan işlemlerin yapılıp, eksik verilerin toplanması yoluna gidilmesi gerekir.

Bu aşamada konu edilen karar algoritması incelendiğinde, elde bir alternatifler takımı ve buna ilişkin teknik veriler, yanında da değerlendirme konusunda görüşlerinin önemi olan uzman kişiler grubu bilinenler olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak uzman kişilerin görüşlerinden ne şekilde yararlanılacağı henüz belirmemiştir.

Oluşturulan algoritmada başlangıç kısmı problemin yukarıda sözü edilen tanımlanma kısmından sonra olmaktadır. Öncelikle uzmanlara, eldeki alternatifler arasında bir seçim yapmak gerektiğinde hangi kriterlerin onlar için önem kazandığının sorulması

gerekmektedir. Bu bilgiler, ikili görüşme, anket gibi çeşitli metotlar kullanılarak elde edilebilir. Ancak, işlem yapılırken dikkat edilecek husus, uzman kişinin bağımsız ve etki altında kalmadan, yalın olarak kendi fikrinin alınmasıdır. Çözüm algoritmasında bu amaca yönelik olarak, anket ile eksper görüşlerinin alınması yoluna gidilmektedir. Ek 1' de sunulan anket, ya da farklı bir konuda benzer anketler uzman fikirlerinin almak için kullanılabilir.

Anket I' in sonucunda bilgisine danışılacak uzmanlardan alternatifleri değerlendirmelerine ilişkin kriterler elde edildikten sonra kriterlerin tasnifine geçilmesi gerekmektedir. Çünkü bir önceki aşamada her uzman konu ile ilgili görüşünü belirtirken kendi anlatım üslubunu kullanmakta ve bunun sonucu olarak aynı kriteri vurgulayan farklı anlatımlar ortaya çıkmaktadır.

Örneğin, Gemi Ana Makine Seçimi Probleminde bazı eksperler alternatif makineler karşılaştırılırken göz önüne alınacak kriterler için "parça ömrü" anlatımının kullanırken bazıları da "overhol zamanı" ifadesini kullanmıştır. Kişilerle yapılan görüşmelerde ortaya çıkmıştır ki, her iki anlatımda da kastedilen nokta, makinelerde kullanılan parçaların ne kadar süre sonra aşınacağı yani makinenin kaç çalışma saatinden sonra overhole gireceğidir. Yine daha sonraki aşamada ortaya çıkan bir sonuç da, başka uzmanların belirttiği "overhol zamanı" anlatımından uzmanların bazılarının makine overhole alındıktan sonra ne kadar sürede teslim edileceğinin anlaşıldığıdır.

Bütün bu yanlış anlamalara olanak yaratmamak bakımından toplanan kriter isimlerinin yukarıda anlatıldığı gibi derlemek, KV ve uzman grubunun aralarında "ortak bir dil" oluşturmak için gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Oluşturulan algoritmada, hem derleme işlemini kolaylaştırmak amacıyla hem de konu ile ilgili bütün kriterleri belli bir mantık çerçevesinde düzenli olarak görebilmek için "Kriter Hiyerarşi Ağacı" oluşturulmuştur. Daha önceki kısımlarda anlatıldığı gibi bu yöntemle elde edilen kriterlerin amaca en uygun kriterler olması ve her uzmanın duyduğu ya da okuduğu kriter isminden aynı düşünceleri çıkarması sağlanmış olmaktadır.

### 3.2 Kriterlerin Ağırlıklandırılması

İki metodun incelendiği kriterlere ağırlık atanması konusunda, bu çalışmada Öz Değer Yöntemi (Eigen Value Method) kullanılmıştır. Bu seçimin başlıca sebebi ise aşağıda açıklanacağı gibi Öz Değer Yönteminde kriterlerin karşılaştırmalarının daha hassas yapılabilmesidir.

Özet olarak anımsanacak olursa Sıralamadan Ağırlık Eldesi Metoduyla ikili karşılaştırmalarla kriterlerin hangilerinin diğerlerine göre kaç defa önemli olduğu sonucundan hareketle ağırlık dağılımı elde edilir. Öz Değer Yöntemi' nde ise kriterlerin ikili karşılaştırmalarından hangi birbirine göre kriterlerin kaç defa üstün geldiklerinin yanında. göreceli olarak ne kadar üstün oldukları da önem kazanmaktadır. Bu yapılan çalışmada şöyle bir farklılık yaratmaktadır:

Örneğin birbirine karşı değerlendirilen 5 kriter içerisinden bir tanesi diğer 4 tanesine göre de üstün olsun. Diğer bir kriter de önceki ve kendi dışındaki kriterlere, yani 3 kritere üstünlük sağlasın. Bu ikili karşılaştırmaları aşağıdaki gibi ifade edelim.

(k1>k2), (k1>k3), (k1>k4), (k1>k5),

(k2<k1), (k2>k3), (k2>k4), (k2>k5),

(k3<k4), (k3>k5) (k4>k5)

Karşılaştırmanın sonucunu bir matris halinde yazalım. Bu matriste üstün olan kriterlerin satırına "o", diğerlerine "x" koyalım. Her kriterin toplam üstünlük sayısını da ΣC olarak gösterelim. Bu durumda matris aşağıdaki gibi olacaktır.

Tablo 10 Kriterlerin İkili Karşılaştırması

| | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | ΣC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **k1** | - | o | o | o | o | 4 |
| **k2** | x | - | o | o | o | 3 |
| **k3** | x | x | - | x | o | 1 |
| **k4** | x | x | o | - | o | 2 |
| **k5** | x | x | x | x | - | 0 |

Buradan kriterlerin k1, k2, k4, k3, k5 şeklinde sıralandığı sonucu çıkarılabilecektir. Yani (k1:1), (k2:2), (k3:4), (k4:3), (k5:5) sıralamalarına sahiptirler. Ağırlık dağılımı ise, daha önce sözü geçen Denklem.3 ve Denklem.4 kullanılarak hesaplansın.

$$w_j = \frac{\frac{1}{r_j}}{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{r_k}}$$

Denklem 3

$$w_j = \frac{(n - r_j + 1)}{\sum_{k=1}^{n} (n - r_k + 1)}$$

Denklem 4

Denklem 3' e göre (k1:0,44), (k2:0,22), (k3:0,11), (k4:0,15), (k5:0,09) kriter-ağırlık ikilemeleri yapılabilir.

Denklem 4' ye göre ise (k1:0,33), (k2:0,27), (k3:0,13), (k4:0,20), (k5:0,07) kriter-ağırlık ikilemeleri yapılabilir.

Eğer Öz Değer Yöntemiyle ağırlık dağılımı çıkarılmak istenirse o zaman öncelikle ikili karşılaştırmaları yeniden düzenlemek gerekli olacaktır. Dokuz noktalı duyarlılık ölçeği kullanılarak hazırlanmış ikili karşılaştırmalar aşağıdaki gibi olsun.

| | | | |
|---|---|---|---|
| (k1:k2) | (3:1), | (k1:k3) | (3:1), |
| (k1:k4) | (3:1), | (k1:k5) | (3:1), |
| (k2:k3) | (9:1), | (k2:k4) | (9:1), |
| (k2:k5) | (9:1), | (k3:k4) | (1:5), |
| (k3:k5) | (7:1), | (k4>k5) | (5:1) |

Karşılaştırma tablosu aşağıda verildiği gibi olacaktır.

Tablo 11 Öz Değer Yöntemi İçin İkili Karşılaştırma Matrisi

| | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | GO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **k1** | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2,41 |
| **k2** | 1/3 | 1 | 9 | 9 | 9 | 3,00 |
| **k3** | 1/3 | 1/9 | 1 | 1/5 | 7 | 0,55 |
| **k4** | 1/3 | 1/9 | 5 | 1 | 5 | 0,98 |
| **k5** | 1/3 | 1/9 | 1/7 | 1/5 | 1 | 0,25 |

Eğer GO sütununu Toplam 1' e normalize edersek, sonuçta (k1:0,33), (k2:0,42), (k3:0,08), (k4:0,14), (k5:0,04) kriter-ağırlık ikilemeleri yapılabilir.

Görüldüğü gibi Öz Değer Yöntemiyle bulunan kriter ağırlık dağılımı ve kriterlerin önem sıralaması Sıralamadan Ağırlık Eldesi Yöntemi ile bulunanlara göre oldukça farklıdır. Bunun sebebi, daha önce anlatıldığı gibi kriterlerin yalnızca üstünlüklerinin değil, bununla beraber ne kadar üstün olduklarının da karşılaştırılmasıdır. Bu yüzden daha detaylı ve doğru sonuçlara ulaşabilmek için, yapılan bu çalışmada Öz Değer Yöntemiyle ağırlık dağılımı çıkarılmıştır.

Fark edildiği gibi ağırlıkların hesaplanabilmesi için, ikili karşılaştırmalarda eksperlerin kriterler için verdikleri önem dereceleri öne çıkmaktadır. Bu bilgilerin elde edilebilmesi için eksperlere Ek 2' de verilen Anket II formu dağıtılmıştır. Anket II Formunun birinci bölümünde kriter ağırlık dağılımının elde edileceği Tablo I sunulmuştur. Bu tablonun doldurulmasıyla elde edilecek bilgiler yukarıda anlatıldığı gibi işlenerek kriter ağırlık dağılımını oluşturacaktır.

Kriterlerin ikili karşılaştırma tablosunu doldururken dikkat edilecek husus karşılaştırılacak maddelerin birbirlerine göre olan üstünlük ve zafiyetleri dokuz noktalı duyarlılık ölçeği ile verilecektir. Şöyle ki:

1 "Eşit Öneme Sahip"

3 "Biraz Daha Önemli"

5 "Çok Daha Önemli"

7 "Çok Fazla Daha Önemli"

9 "Olağanüstü Fazla Daha Önemli"

Dokuz noktalı duyarlılık ölçeği ile ikili karşılaştırma tablosu doldurulurken ise daha önemli olduğu düşünülen kriterin satırına 3, 5, 7, 9 sayılarından uygun olanını, bağıl olarak önemsiz olanın satırına da bu sayılardan hangisi uygunsa onun çarpmaya göre tersini yazmak gerekmektedir. Mesela "ESTETİK" ve "TEKNOLOJİ" isimli iki kriter karşılaştırılsın. bunlardan KV' ye ya da uzmana göre üstün olanı "TEKNOLOJİ" olsun ve üstünlük derecesi de 7 "Çok Fazla Daha Önemli" olsun. Tablo doldurulurken "TEKNOLOJİ" satırının "ESTETİK" satırı ile kesiştiği hücreye 7 değeri yazılmalı, buna karşın "ESTETİK" satırının "TEKNOLOJİ" sütunuyla kesiştiği hücreye 1/7 değeri yazılmalıdır.

### 3.3 Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Önceki bölümlerde anlatılan kriterlere göre değerlendirilecek olan alternatifler için de problemin tanım safhasında elde, alternatiflerin isimleri ile bunlara ilişkin bir takım teknik veri vardır. Buna rağmen problemin çözümü için bu bilgilerin geliştirilmesi, genişletilmesi gerekmektedir. Problemi çözmemizi sağlayacak veriler ise uzman kişilerin görüşleri alınarak toplanacaktır.

Bölüm 3.1' de anlatıldığı gibi kriterlerin neler oldukları ortaya çıkarıldıktan sonra anket ya da mülakat gibi yollarla uzmanların görüşleri alınmıştır. Ek' te verilen Anket-II aracılığıyla elde edilen veriler her eksperin karar matrislerinin oluşturulması amacıyla kullanılır. Tamamlanan karar matrislerindeki değerlerin her birinin birimleri farklı olabilir bu yüzden sözü geçen matrislerin normalize edilmesi gerekmektedir.

Yukarıda anlatıldığı gibi verilerin işlenebilmesi için öncelikle her alternatifin değerlendirildiği kriterlerin cinsinin bilinmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi kriterler değerlerine göre, yarar (benefit), maliyet (cost) ve monoton olmayan (non-monotonic) olarak üçe ayrılırlar. Kullanılan yönteme göre ilk iki tip verinin normalize edilmesinde bir sakınca yoktur. Ancak monoton olamayan veriler ancak Bölüm 2' de anlatılan metotlarla önce monoton kriter durumuna dönüştürülür, daha sonra normalize edilirler.

Mesela bir konteyner gemisi satın alma probleminde üç tane kriter ele alalım. Bunlardan birincisi "satış fiyatı", ikincisi "işçilik kalitesi ve teknoloji" ve üçüncüsü "taşıdığı konteyner sayısı" olsun. Bu üç kriteri incelediğimizde; "satış fiyatı" ne kadar düşük olursa o kadar iyi olacağından "satış fiyatı" maliyet (cost) kriteridir. "İşçilik kalitesi ve teknoloji" ne kadar yüksek değerli olursa o kadar iyi olacağından yukarıdakinin tersine bu kez yarar (benefit) kriteridir. Üçüncü kritere gelindiğinde durum yukarıda anlatılan ilk iki kriterden biraz farklılaşır. "Taşıdığı konteyner sayısı" düşünüldüğü zaman; eğer istenenden çok konteyner taşıyorsa, gemiyi işletme maliyeti ve yük bulma sorun yaratacaktır, istenen bir durum

değildir. Arzu edilen sayıdan daha az konteyner taşıyorsa, bu kez geminin kapasitesi çalıştığı bölgeye göre az gelecektir ve aynı paraya taşınması istenen konteyner sayısına daha yakın konteyner taşıyan gemilere göre daha az avantajlı olacaktır. Bu birincide olduğu gibi istenen bir durum değildir. O halde gemideki taşıdığı konteynerlerin sayısı ne çok fazla, ne de çok az olmalıdır. Sonuç olarak Geminin taşıdığı konteynerlerin optimum sayısı örneğin homojen yüklemede dörtyüz olacaktır. İkiyüz ya da altıyüz konteyner kapasiteli gemilerin seçilmesi kötü sonuçlar olacaklardır. Bu sebeple, "taşıdığı konteyner sayısı" monoton olmayan kriterdir.

Bu aşamada, daha önce sözü geçen lineer normalizasyon ve vektörel normalizasyon metotlarından vektörel normalizasyon kullanılacaktır. Çünkü ileriki aşamalarda kullanılacak olan TOPSIS yöntemi yalnızca vektörel normalizasyona olanak sağlamaktadır. Fakat, girilecek dataların bu aşamada adı geçen metotlarla normalize edilebilmesi için monontonik veriler olması gerekmektedir. Monoton olmayan veriler ancak daha önce anlatılan. İstatistiksel Z Skoru Yöntemi ile monotonik hale dönüştürüldükten sonra normalize edilmek amacıyla kullanılabilirler.

### 3.4 Ağırlıklandırılmış Normalize Bireysel Karar Matrisi

Konu üzerinde fikir belirten uzmanların hepsinin ya da bazılarının kriterlerin karara etkime ağırlıkları hakkında farklı düşünceleri olabilir veya daha önceden üzerinde anlaşılmış olan kriterlere göre alternatiflerin değerlendirecek olabilirler. Burada üzerinde anlaşmadan kasıt, alternatiflerin hangi kriterlere göre değerlendirileceği ve bu kriterlerin yapılacak sıralamayı ne şekilde, hangi oranda etkileyeceğinin uzmanlar ya da karar verici tarafından belirlenmesidir. Bu çalışma konusu dahilinde, üzerinde anlaşılmış kriterlerin olduğu yaklaşım üzerinde çalışılmamış olmasına rağmen, çalışma sonunda oluşturulan modelden yola çıkarak hazırlanan bilgisayar yazılımında kriter değerlendirmelerinin hepsine "1" yazmak suretiyle ayni sonuca erişilmiş olunur. Yine de bilinmesi gerekir ki bu tarz karar problemlerinde kullanılan başka karar algoritmaları da vardır. Her eksperin kendi kriter setinin olduğu durumda, bu durumun modellemesi ağırlıklandırılmış normalize bireysel karar matrisinin oluşturulmasıyla sağlanmış olur.

Ağırlıklandırılmış normalize bireysel karar matrislerinin oluşturulması, bütün uzmanlara ait bireysel karar matrislerinin normalize edildikten sonra atılması gereken adımdır. Ağırlıklandırılmış normalize bireysel karar matrisleri, Bölüm 3.2' de anlatılan yöntemle elde edilen kriter ağırlıkları ile bireysel karar matrislerinin uygun hücrelerinin çarpımları sonucu elde edilirler.

Bölüm 3.2' de her eksperin bütün kriterlere bakış açısının bir özeti olan ağırlık dağılımı elde edilmişti. Eksper vektörlerinin oluşturduğu matris şeklinde ifade edilen bu dağılımda satırlar kriterleri, sütunlar da bunları değerlendiren eksperleri göstermektedir. Bireysel normalize karar matrislerinin her satırı ayrı-ayrı, o matrisin ait olduğu eksperin, ağırlık vektöründe bulunan uygun kriter ağırlıkları ile çarpılırsa ağırlıklandırılmış normalize bireysel karar matrisleri oluşturulur. Anlatılanlar formülle gösterilecek olursa kriterlerin ağırlık dağılımları aşağıdaki gibi olur:

Eksper 1 Eksper 2 Eksper k

$$\begin{bmatrix} w_1^1 \\ w_2^1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_j^1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} w_1^2 \\ w_2^2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_j^2 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} w_1^k \\ w_2^k \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_j^k \end{bmatrix}$$

Bu durumda k' inci ekspere ait ağırlıklandırılmış normalize bireysel karar matrisi;

$$\begin{bmatrix} w_1^k.d_{11}^k & w_2^k.d_{12}^k & \dots & w_j^k.d_{1j}^k \\ w_1^k.d_{21}^k & w_2^k.d_{22}^k & \dots & w_j^k.d_{2j}^k \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_1^k.d_{i1}^k & w_2^k.d_{i2}^k & \dots & w_j^k.d_{ij}^k \end{bmatrix}$$

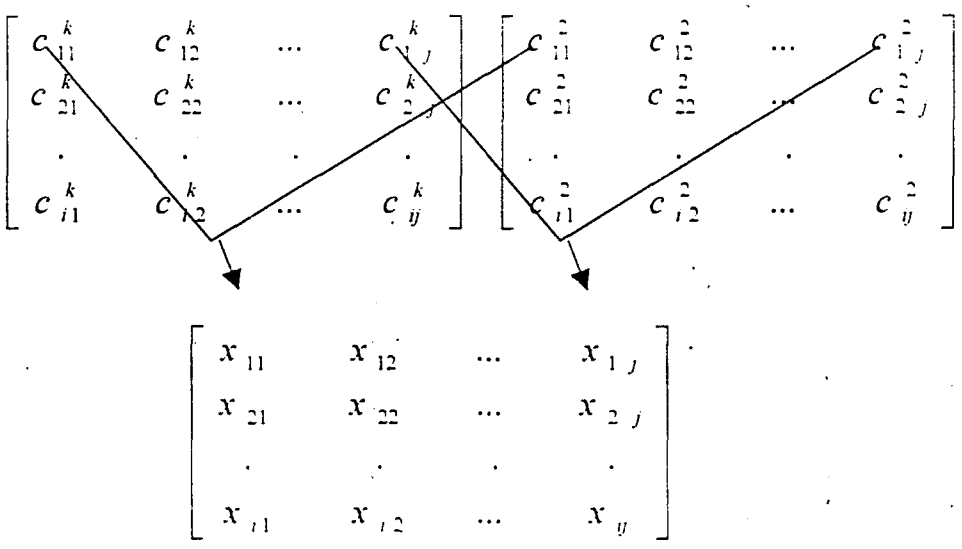
olmaktadır.

### 3.5 Agregasyon

Belirlenen modelin şu ana kadar söz edilen kısmında, farklı uzmanların değerlendirdiği alternatiflerin normalizasyonu ve her uzmanın kendi kriter setinin karar mekanizmasına yansıtılması işlenmiştir. Bu aşamadan sonra yapılması gereken, eksperlerin karar vericinin düşüncelerindeki oranlara göre karara etkilerini sağlamaktır.

Her uzmanın belli bir kritere göre belli bir alternatif üzerine yaptığı değerlendirmeler bir istatistiksel popülasyon olarak düşünülürse, k adet uzman, i adet alternatif ve j adet kriter olduğu durumda toplam (k x i x j) tane elemandan oluşan (i x j) adet k elemanı olan

popülasyon vardır. Her bir popülasyonu bir sayıyla temsil ederek (i x j) elemanlı kollektif karar matrisi oluşturulabilir.



Şekil 13 İki Eksperli Bir Agregasyon

Yukarıda 2 eksperli bir örnek sunulmuştur. Anlatılanları örnek üzerinde formül haline getirirsek,

$$x_{ij} = f\left(c_{ij}^{k}\right)$$

yazılabilir. Bu aşamada, kollektif karar matrisi elemanlarının ağırlıklandırılmış normalize bireysel karar matrisi elemanlarının nasıl bir fonksiyonu olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bir başka deyişle, yukarıda sözü edilen istatistiksel popülasyonların nasıl temsil edileceğinin ortaya konması gerekmektedir.

İstatistiksel bir yaklaşımla, ağırlıklandırılmış normalize bireysel karar matrislerinin elemanlarının dağılımını incelemek, popülasyonun temsili bakımından olumlu sonuçlar vermektedir. Yapılan araştırmada istatistiksel merkezi eğilim ölçüleri incelenerek bunlardan;

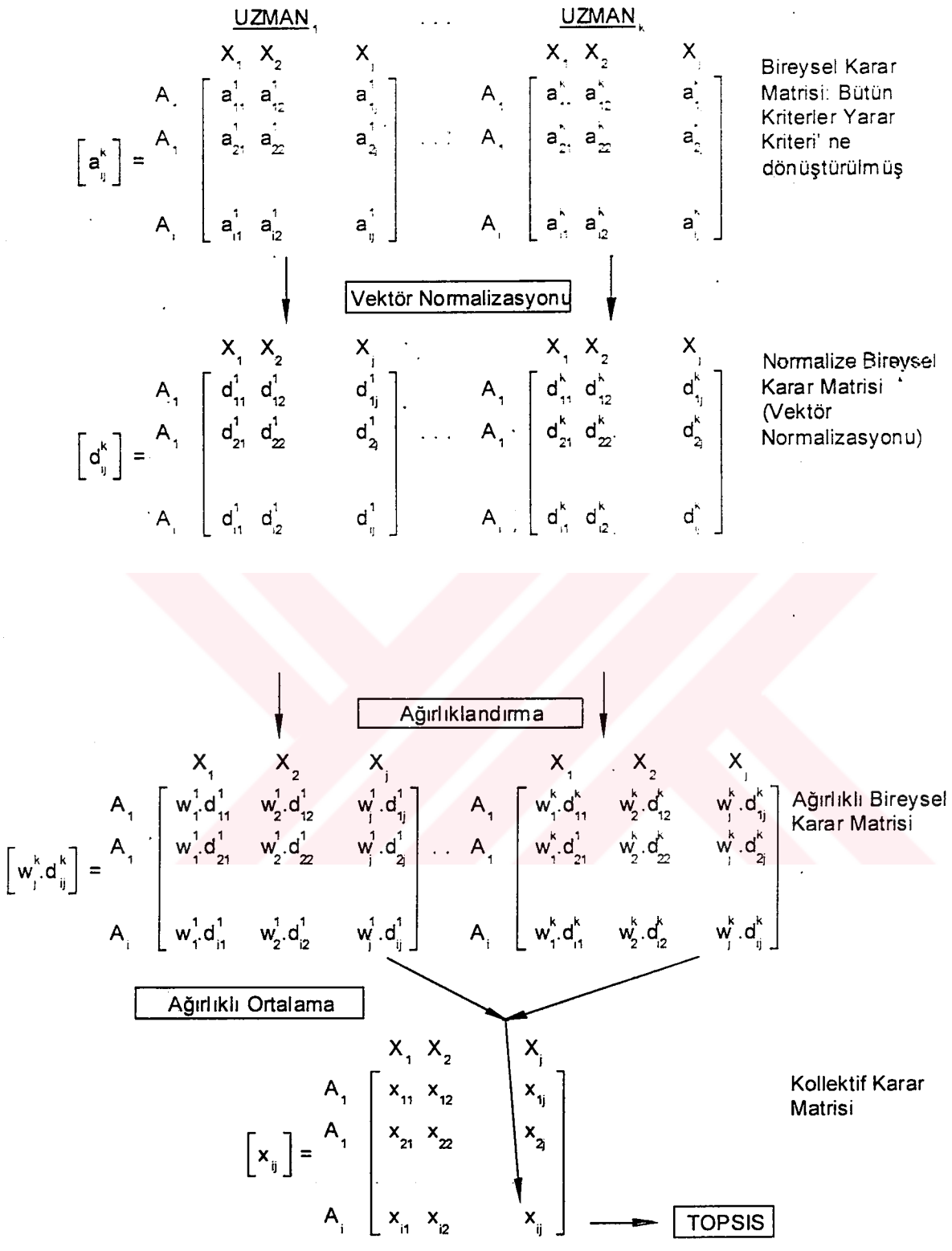
- aritmetik ortalama,
- geometrik ortalama,
- ağırlıklı aritmetik ortalama,

- ağırlıklı geometrik ortalama,
- kuadratik ortalama,
- Harmonik ortalama

kaydadeğer bulunarak, analizleri yapılmıştır. Sonuçta ağırlıklı ve ağırlıksız aritmetik ortalama ile ağırlıklı ve ağırlıksız geometrik ortalamanın uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak bunlardan aritmetik ortalama ile goemetrik ortalama kullanıldığı takdirde, uzmanların KV gözündeki ağırlıkları yani, karara etkime oranları model dışında kalmaktadır. Bu sebeple bu iki agregasyon metodu elenerek son iki yöntem, ağırlıklı aritmetik ortalama ile ağırlıklı geometrik ortalama olarak kalmıştır. Bunlardan geometrik ortalamanın çok küçük değerlerden fazlaca etkilenmesi ve negatif değerlerle çalışıldığında tanımsız olması sebebiyle uygun bir metot olmasına rağmen kullanılmasında bazı sakıncalar doğmaktadır.

Son aşamada kollektif karar matrisindeki normalize edilmiş veriler daha önce anlatılan TOPSIS yöntemi ile çözülerek sonuca gidilir.

Aşağıda geliştirilen yönteme ilişkin şematik anlatım verilmiştir.




Şekil 14 Geliştirilen Yöntemin Şematik Gösterimi

# 4. UYGULAMA

Bu çalışmada uygulama konusu olarak, DELTA DENİZCİLİK tarafından 1997–1999 yılları arasında projesi üretilen ve ayrı armatörler tarafından çeşitli tersanelerde inşa edilen üç adet 6500 DWT' luk IMO II Tip kimyasal tanker için ana makine seçimi vakası incelenmiştir.

Söz konusu teknelerin yapılan havuz çekme deneyi sonucunda 14.5 kn hız yapabilmesi için 3200 – 3700 kW arası bir güçte ana makine ihtiyacı olduğu ortaya çıkmıştır. Gemi sahiplerinin uzun incelemeler sonunda verdikleri kararlar daha önce anlatıldığı gibi KV' nin insan olması ve yalnızca mantığının değil, aynı zamanda duygularının da verilen karara etki etmesi sebebiyle farklılık göstermiştir. KV' ler serinin ilk iki gemisi için 3250 kW ve 3700 kW gücünde iki zamanlı makineler, son gemi içinse, dört zamanlı makine seçmişlerdir.

ÇÖKV yöntemleri ile yukarıda sözü geçen gemilerin ana makine seçimi problemine farklı bir açıdan bakılarak daha önce anlatılan metot geliştirilmiş, ve bu metodun uygulaması için yukarıdaki gemilerin ana makine seçimi problemi konu edilmiştir. Böylece yöntem test edilerek, benzer tarzdaki seçim problemlerinde KV' ye yol gösterecektir.

Sonuçta bu yöntemlerle öne çıkan alternatif hangisi olursa olsun karar, KV tarafından verileceği için aslında kesin doğru ya da kesin en iyi seçenekten bahsetmek olası değildir. Yöntem yalnızca, çeşitli bilgiler ışığında en mantıklı gibi görünen tercih sıralamasını verecektir.

Karşılaştırılan ana makine alternatiflerine ait seri bağlısı veriler ve silindir sayısına bağlı veriler Türkiye temsilcisi firmadan alınarak, aşağıdaki tablolarda verilmişlerdir.

Tablolarda verilmeyen ancak, karara etki oranı oldukça yüksek olan fiyatları ise, yine Türkiye temsilcisi firmadan

| | |
|---|---|
| M.A.N B&W 5S35MC | 1,146,000 USD |
| M.A.N B&W 8L32/40 | 1,050,000 USD |

olarak elde edilmiştir.

Tablo 12 Alternatif Makinelerin Dataları (Seri Bağlısı)

| SERİ BAĞLISI VERİLER | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **MAKİNE** | | | **M.A.N. B&W** | **M.A.N. B&W** |
| **TİP** | **SEM** | **BİRİM** | **5S35MC** | **8L32/40** |
| SİLİNDİR SAYISI | Z | - | 4...12 | 5...9 |
| ÇEVRİM | İ | - | 2 | 4 |
| ÇAP | D | mm | 350 | 320 |
| STROK | S | mm | 1400 | 400 |
| SİLİNDİR BAŞINA GÜÇ | $P_{cyl}$ | KW/cyl | 700 | 440 |
| ORTALAMA HIZ | N | 1/min | 170 | 750 |
| ORTALAMA EFEKTİF BASINÇ | $p_e$ | Bar | 18.34 | 21.88 |
| ORTALAMA PİSTON HIZI | $c_m$ | M/s | 7.93 | 10.00 |
| SÜPÜRÜLEN HACİM | $V_h$ | L/cyl | 134.7 | 32.2 |
| MAKS. ATEŞLEME BAŞINCI | $P_{max}$ | Bar | 145 | 180 |
| STROK-ÇAP ORANI | S/D | - | 4.00 | 1.25 |
| SPESİFİK GÜÇ ($P_{cyl}/V_h$) | PI | kW/l | 5.20 | 13.68 |
| GÜÇ-PİSTON ALANI ORANI | - | kW/cm² | 0.73 | 0.55 |
| YÜK FAKTÖRÜ ($p_e$*$C_m$) | - | Bar*m/s | 146 | 219 |
| Yük faktörü: Silindir durumu ile ilgili bir bağıntıdır, örneğin temel ve mekanik yüklenmeyi temsil eder. Düşük değerleri daha iyidir. | | | | |

Tablo 13 Alternatif Makinelerin Dataları (Silindir Sayısı Bağlısı)

| SİLİNDİR SAYISINA BAĞLI VERİLER | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **MAKİNE** | | | **M.A.N. B&W** | **M.A.N. B&W** |
| **TİP** | **SEM** | **BİRİM** | **5S35MC** | **8L32/40** |
| SİLİNDİR SAYISI | Z | - | 5 | 8 |
| MCR' DE GÜÇ | $P_e$ | Kw | 3500 | 3520 |
| HIZ | N | 1/min. | 170 | 750 |
| SFOC (%100 MCR) | S | g/kWh | 175 | 182 |
| SFOC (%80 MCR) | | g/kWh | 174 | 179 |
| SLOC | | g/kWh | 1.0 | 1.0 |
| AĞIRLIK | G | Ton | 61.5 | 44.0 |
| KAPLİN VE REDÜKTÖR AĞIRLIĞI | Gb | Ton | 0 | 13.4 |
| SPESİFİK AĞIRLIK | Gp | kg/kW | 17.57 | 16.31 |
| BOY (REDÜKTÖR DAHİL) | L | mm | 4635 | 8553 |
| GENİŞLİK | W | mm | 2601 | 2397 |
| ŞAFT MERKEZİNDEN DÜŞEY UZ. | H | mm | 5403 | 3710 |
| SPESİFİK BOY | $P_e$/L | kW/m | 755 | 412 |
| AŞINMA FAKTÖRÜ ($p_e$*$C_m$*Z*D) | - | | 255 | 560 |
| Aşınma Faktörü: Aşınma miktarı için ölçüdür. Düşük olması daha iyidir. | | | | |

### 4.1 Kriterlerin Belirlenmesi

Kimyasal Tanker için hangi makinenin seçileceği probleminde ilk adım Bölüm 4' te anlatıldığı gibi kriterlerin ne olduklarının saptanmasıdır. Bu işlem yapılırken, etkin olacak kriterlerin hepsinin tespit edilmesi gereklidir. Bu amaçla Ek' te verilen Anket-I, bilgi ve tecrübelerine güvenilen, daha önce makine seçimi işleriyle çeşitli pozisyonlarda ilgilenmiş, bu çalışma çerçevesinde uzman olarak anılacak kişilerin görüşlerinin alınması amacıyla dağıtılmıştır.

Uzman kişiler alfabetik sırayla, Sn Mehmet AKSOY (Armatör), Sn. Mahmut Akaltan (Desan Tersanesi Danışmanı, Eski Pendik Sulzer Makine Fabrikası Müdürü), Sn. Doğan Alper (Gemi İnş. Mak. Yük. Müh.), Sn Taşkın Çili (Gesa Genel Müdürü), Sn. Yaşar Gül (Delta

Denizcilik Aş. Genel Müdürü), Sn. Metin Koncavar (Gerçel Marine Satış Müh.), Sn. Celal Koru (TGS Dış İlişkiler Şube Müdürü), Sn. Ergün Latifoğlu (Desan Tersane' si İşletme Müdürü), Sn, Abdülkadir Okay (Gemi Mak. İşl. Müh., Antares Denizcilik Satış Müh.). Sn. Cimilo Rodriguez (Marpetrol inspektörü), Sn. Erol Sağbaş (Armatör), Sn. Bülent Şener (Emlak Bankası), Sn. Sualp Ürkmez (Armatör)' dir.

Anket-I, ana makine seçiminde etkili olan kriterlerin neler olduğunun saptanmasına yönelik olup, uzmanların konuya ilişkin yanıtları aşağıdaki gibi olmuştur.

Sn. M. Aksoy:

1) Fiyat
2) Servis ve Yedek Parça Temin Kolaylığı
3) Gemiye Uygunluk
4) Özgül yakıt Sarfiyatı
5) Yağ Sarfiyatı
6) Marka Güvenilirliği
7) Üretildiği Ülke

Sn. M. Akaltan:

1) Bedeli
2) Özgül yakıt Sarfiyatı
3) Ağırlığı
4) Hacmi
5) Yağ Sarfiyatı
6) Güvenilirlik
7) Overhol Zamanı
8) Yedek Parça Temini
9) Teknik servis
10) Devir Sayısı

Sn. D. Alper:

1) Devir Sayısı
2) Kapladığı Hacim
3) Yedek Parça Fiyatı ve Servis
4) Üretildiği Ülke
5) SFOC
6) Fiyatı

Sn. T. Çilli:

1) Tanınan Marka Olması
2) Dünyadaki Servis Olanakları
3) Yedek Parça Fiyatı ve Bulunabilirliği
4) Yakıt ve Yağ Sarfiyatının Küçük Olması
5) Fiyatı
6) Operasyon Kolaylığı

Sn. Y. Gül:

1) Boyutlarının Küçük Olması
2) Pervane Devrini ayarlamağa Müsait Olması
3) Hafifliği
4) Markası
5) Kompakt Olması
6) Yakıt Tüketimi, Yağ Tüketimi
7) Fiyatı

Sn. M. Koncavar:

1) Yakıt Sarfiyatı
2) İmalatçı Firma Tecrübesi, Referansları, Organizasyonu, Servis vs.. Güvenilirliği
3) Parça Ömürleri
4) Yedek Parça Fiyatı
5) Fiyatı
6) Verim

Sn. C. Koru:

1) Tekneye Uygunluk
2) Filoya Uygunluk
3) Yağ ve Yakıt Tüketimi
4) Parça Ömürleri ve Yedek Parça Fiyatları
5) Fiyatı

Sn. E. Latifoğlu:

1) Yakıt Tüketimi
2) Bakım Maliyeti
3) Servis ve Yedek Parça
4) Yağ Tüketimi
5) Strok Sayısı

Sn. A. Okay:

1) Yakıt Sarfiyatı
2) Yedek Parça Fiyatı
3) Referans
4) Ebatları
5) Üretildiği Ülke

6) Bakım kolaylığı

7) Servis olanakları

8) Devir, Yanma Basıncı Gibi Teknik Özellikler

9) Fiyatı

Sn. C. Rodriguez:

1) Hacmi

2) Devir Sayısı

3) Fiyatı

4) Yedek Parça Fiyatı ve Bulunabilirliği

5) Yakıt Cinsi

6) SFOC

Sn. E. Sağbaş:

1) Marka ve Modeli

2) Revizyon Süresi

3) Servis Olanakları

4) Fiyatı

5) Yedek Parça Fiyatı ve Bulunabilirliği

Sn. B. Şener:

1) SFOC

2) Fiyatı

3) Bakım-Tutum Kolaylıkları

4) Servis, Yedek Parça İmkanları

5) Ağırlık, Hacim

6) Filoya uygunluk

7) Karmaşıklık

8) Teslim Süresi

9) Montaj Garanti İmkanları

10) Sevk Sistemi Bütünlüğü

Sn. S. Ürkmez:

1) Makinanın Tekneye Uyumu

2) Marka

3) Fiyatı

4) Silindir Adedi

5) Teknolojisi, Yeni Kurallara Uyumu

6) Yakıt ve Yağ Harcaması

7) Yedek Parça Maliyeti

8) Ağır Devirli Olması

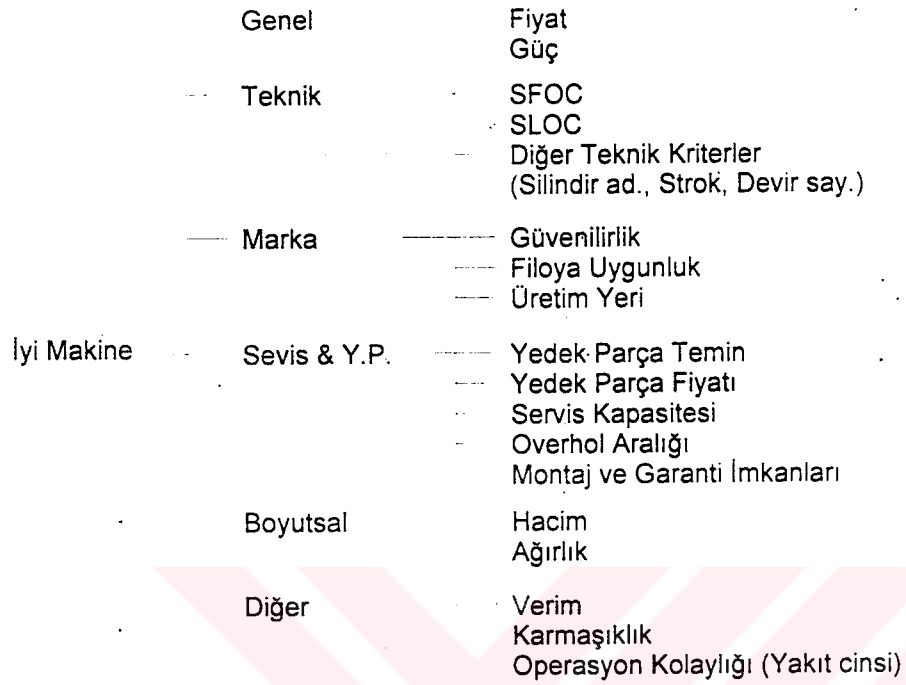
9) Makine Fabrikasının Servis Kapasitesi

10) Üretildiği Ülke

Bu noktadan hareketle, daha sistemli bir çalışma yapmak ve en iyi sonuca yaklaşabilmek için kriter hiyerarşi ağacı oluşturulmuştur. Şekil 15' de de görüldüğü gibi Ana Hedef İyi Makine' dir. İkinci kademeyi Genel, Teknik Özellikler, Marka ile İlgili Özellikler, Servis ve Yedek Parça, Boyutsal Özellikler, Diğer Özellikler oluşturmaktadır. Üçüncü kademede ise Fiyat, Tekneye Uygunluk / Güç, SFOC, SLOC, Diğer Teknik Kriterler, (Devir Sayısı, Silindir Adedi, Strok Sayısı, vs.), Güvenilirlik, Filoya Uygunluk, Üretildiği Ülke, Yedek Parça Fiyatı, Servis ve Yedek Parça İmkanları (Yedek Parça Temini, Servis Hizmeti), Overhol Zamanı (Parçaların Ömrü), Montaj ve Garanti İmkanları, Boyutsal Kısıtlar (Hacim, Ağırlık), Verim, Karmaşıklık, Operasyon Kolaylığı (Yakıt Cinsi) yer almıştır.

İkinci adımda, elde edilen bu kriterler değerlendirilebilir olma durumlarına göre sıralanmıştır. Örneğin Tekneye Uygunluk ve Filoya Uygunluk kriterleri, bu çalışmada tam olarak değerlendirilemeyeceği için bu çalışma için gözardı edilmişlerdir. Silindir Adedi, Strok, vs. kriterler ise Diğer Teknik Kriterler başlığı altında değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen makinaların üretildikleri ülkeler bilinmediği için bu kriter de probleme dahil

edilmemiştir. Bunun yanında $NO_X$ seviyesi gibi "olmazsa olmaz" kriterlere uymayan makineler zaten baştan elendikleri için problem dahilinde düşünülmemişlerdir.




Şekil 15 Gemi Ana Makine Seçimi Probleminde Kriter Ağacı

Sonuçta değerlendirilebilir kriter olarak elde kalanlar:

- Fiyatı
- Diğer Teknik Kriterler
- SFOC
- SLOC
- Güvenilirlik
- Yedek Parça Fiyatı
- Servis ve Yedek Parça
- Overhol Zamanı (Parça Ömürleri)
- Montaj ve Garanti İmkanları
- Makine Boyutu

- Verim
- Karmaşıklık
- Operasyon Kolaylığı

olmuşlardır.

### 4.2 Kriterlerin Ağırlık Dağılımlarının Bulunması

Bu kriterlerin ağırlık dağılımı Bölüm 3' te anlatıldığı gibi Özdeğer Fonksiyonu yardımıyla bulunacaktır. Bunun için n(n-1)/2= 13(13-1)/2=78 adet ikili karşılaştırmaya ihtiyaç vardır. Bu karşılaştırmalar yapılırken dokuz noktalı duyarlık ölçeği kullanılmıştır. Tam Türkçe karşılıklarının olmaması sebebiyle dokuz duyarlılık noktası Anket II ve Anket III' te. şöyle verilmiştir.

1 Eşit Öneme Sahip"

3 Biraz Daha Önemli

5 Çok Daha Önemli

7 Çok Fazla Daha Önemli

9 Olağanüstü Fazla Daha Önemli

Tablo 14 Sn. M. Akaltan' ın Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | 6 | 3 | 9 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 3 | 1 | 5 | 3 |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 1/6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1/7 | 1 | 1 |
| 4 | SFOC | 1/3 | 1 | 1 | 9 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 1 | 3 |
| 5 | SLOC | 1/9 | 1 | 1/9 | 1 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/3 | 1/7 |
| 6 | Güvenilirlik | 1 | 1 | 1 | 7 | 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 1 | 1 | 1 | 7 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/5 | 1/5 | 3 | 1 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 1 | 3 | 1/3 | 7 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 3 | 5 | 1 |
| 11 | Overhol zamanı | 1/5 | 3 | 1/3 | 7 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1/3 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 1/3 | 1 | 1/3 | 7 | 1/5 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1 | 1/5 | 3 | 1/3 |
| 13 | Makine boyutu | 1/3 | 1 | 1/5 | 7 | 1/3 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1/5 | 1 | 1/3 |
| 14 | Verim | 1 | 7 | 1/5 | 7 | 1/3 | 5 | 1/3 | 1 | 5 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| 15 | Karmaşıklık | 1/5 | 1 | 1 | 3 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/5 | 1 | 1/5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 1/3 | 1 | 1/3 | 7 | 1/5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5 | 1 |

Tablo 15 Sn. D. Alper' in Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | 1 | 1/5 | 1/3 | 1 | 5 | 1/7 | 1/3 | 9 | 9 | 5 | 1/5 | 1/5 |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 1 | 1 | 1/5 | 7 | 5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 7 | 7 | 1/7 | 5 | 5 |
| 4 | SFOC | 5 | 5 | 1 | 9 | 5 | 7 | 7 | 5 | 9 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 5 | SLOC | 3 | 1/7 | 1/9 | 1 | 1/5 | 7 | 1/9 | 1/9 | 9 | 5 | 1/9 | 1/5 | 1/5 |
| 6 | Güvenilirlik | 1 | 1/5 | 1/5 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1/5 | 5 | 7 | 1/5 | 5 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 1/5 | 5 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1 | 1/5 | 5 | 7 | 7 | 1/5 | 7 | 7 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 5 | 1/7 | 9 | 1 | 5 | 1 | 7 | 7 | 7 | 3 | 7 | 7 |
| 11 | Overhol zamanı | 3 | 3 | 1/5 | 9 | 5 | 1/5 | 1/7 | 1 | 7 | 7 | 3 | 7 | 7 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 1/9 | 1/7 | 1/9 | 1/9 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1 | 7 | 1/7 | 7 | 7 |
| 13 | Makine boyutu | 1/9 | 1/9 | 1/7 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1 | 1/7 | 1/7 | 1/7 |
| 14 | Verim | 1/5 | 7 | 1 | 9 | 5 | 5 | 1/3 | 1/3 | 7 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 15 | Karmaşıklık | 5 | 1/5 | 1/7 | 5 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 7 | 1/9 | 1 | 1/5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 5 | 1/5 | 1/7 | 5 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 7 | 1/9 | 5 | 1 |

Tablo 16 Sn. M. Koncavar' ın Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | 1 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 3 | 3 |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | SFOC | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 7 | 5 | 5 | 7 | 7 | 1 | 7 | 5 |
| 5 | SLOC | 3 | 1 | 1/5 | 1 | 1 | 7 | 3 | 7 | 5 | 5 | 1/3 | 1 | 1 |
| 6 | Güvenilirlik | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 1 | 1 | 1/7 | 1/7 | 1 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1/9 | 1 | 1 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 1 | 1 | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | Overhol zamanı | 1 | 1 | 1/5 | 1/7 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 1 | 1 | 1/7 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | Makine boyutu | 3 | 1/3 | 1/7 | 1/5 | 1/7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/7 | 1 | 1 |
| 14 | Verim | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 9 | 1 | 1 | 1 | 7 | 1 | 3 | 3 |
| 15 | Karmaşıklık | 1/3 | 1 | 1/7 | 1 | 1/7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 1/3 | 1 | 1/5 | 1 | 1/7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |

Tablo 17 Sn. C. Koru' nun Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | 5 | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 3 | 1/7 | 1/3 | 7 | 7 |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 1/5 | 1 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1/7 | 1/9 | 3 | 1/5 | 1/7 | 5 | 5 |
| 4 | SFOC | 7 | 7 | 1 | 7 | 5 | 5 | 5 | 9 | 7 | 5 | 1 | 5 | 3 |
| 5 | SLOC | 5 | 7 | 1/7 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/5 | 1/5 | 1 | 3 | 3 |
| 6 | Güvenilirlik | 5 | 7 | 1/5 | 1 | 1 | 1/3 | 5 | 1/7 | 5 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 5 | 5 | 1/5 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 3 | 1 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 7 | 1/5 | 3 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 |
| 11 | Overhol zamanı | 7 | 9 | 1/9 | 5 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 1/3 | 1/3 | 1/7 | 5 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | Makine boyutu | 7 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| 14 | Verim | 3 | 7 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1/3 | 1 | 5 | 5 |
| 15 | Karmaşıklık | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/5 | 5 | 1 |

Tablo 18 Sn. A. Okay' ın Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1/7 | 1/5 | 1/7 |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 7 | 1 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1/3 | 7 | 1 |
| 4 | SFOC | 5 | 5 | 1 | 7 | 1 | 1 | 1 | 5 | 7 | 7 | 1 | 7 | 5 |
| 5 | SLOC | 3 | 3 | 1/7 | 1 | 1 | 1/7 | 1/5 | 1 | 1/7 | 1 | 1 | 3 | 1/3 |
| 6 | Güvenilirlik | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 5 | 3 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 1 | 3 | 1 | 7 | 1/5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 3 | 5 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1/5 | 1 | 3 |
| 11 | Overhol zamanı | 1 | 1/5 | 1/5 | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1 | 1/5 | 5 | 1/5 | 1 | 1/7 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 3 | 1/5 | 1/7 | 7 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 13 | Makine boyutu | 1 | 1 | 1/7 | 1 | 1/7 | 1/7 | 1 | 1/5 | 1 | 1 | 1/5 | 7 | 1/5 |
| 14 | Verim | 7 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1/3 | 5 | 1 | 3 | 5 |
| 15 | Karmaşıklık | 5 | 1/7 | 1/7 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1 | 1/3 | 1/7 | 1/3 | 1 | 1/7 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 7 | 1 | 1/5 | 3 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 7 | 1/3 | 5 | 1/5 | 7 | 1 |

Olarak ortaya çıkmıştır. Buradan da anlaşıldığı gibi bazı eksperler kendilerine gönderilen Anket II formunu yanıtsız bırakmışlardır. Bu konunun nedeni araştırıldığında uzmanlar tarafından Anket II' nin çok fazla karışık ve zaman kaybına neden olacak tarzda olması öne sürülmüştür. Bu sebeple aynı içerikli, Anket III oluşturularak, Anket II' yi yanıtlamayan uzmanlara gönderilmiştir. Buradan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Tablo 19 Sn. M. Aksoy' un Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | 3 | 1/5 | 1/3 | 7 | 1/5 | 1/7 | 1/3 | 1/5 | 7 | 1/5 | 5 | 5 |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 5 | 5 | 7 | 1 | 3 | 1/3 |
| 4 | SFOC | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 3 | 7 | 1 | 5 | 5 |
| 5 | SLOC | 3 | 3 | 1 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 |
| 6 | Güvenilirlik | 1/7 | 7 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 5 | 7 | 1/5 | 3 | 1/3 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 3 | 3 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 5 | 1 | 3 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | Overhol zamanı | 3 | 1/5 | 1 | 3 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 1 | 1/3 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 5 | 1/5 | 1/3 | 3 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 3 | 1 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/3 |
| 13 | Makine boyutu | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 5 | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1 | 1/5 | 1 | 1/3 |
| 14 | Verim | 5 | 1 | 1 | 5 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 15 | Karmaşıklık | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 5 | 1/7 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1/5 | 1 | 1/3 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 1/5 | 3 | 1/5 | 5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1/5 | 3 | 1 |

Tablo 20 Sn. Y. Gül' ün Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | 1/5 | 1/7 | 7 | 1/5 | 1 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 5 | 1/5 | 1 | 1/5 |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1/5 | 1/5 | 1/7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | SFOC | 7 | 1 | 1 | 9 | 1/5 | 3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 9 | 1 | 7 | 7 |
| 5 | SLOC | 1/7 | 1 | 1/9 | 1 | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 1/3 |
| 6 | Güvenilirlik | 5 | 1 | 5 | 7 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1/3 | 7 | 1 | 5 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 1 | 1/5 | 1/3 | 5 | 1/5 | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/7 | 7 | 1/5 | 5 | 1/5 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 5 | 3 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1/7 | 1 | 5 | 1 | 3 | 1 |
| 11 | Overhol zamanı | 7 | 5 | 1 | 7 | 1 | 5 | 7 | 1 | 1 | 9 | 3 | 5 | 3 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 7 | 7 | 3 | 7 | 3 | 7 | 1 | 1 | 1 | 7 | 3 | 5 | 1 |
| 13 | Makine boyutu | 1/5 | 1 | 1/9 | 3 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1/9 | 1/7 | 1 | 9 | 7 | 7 |
| 14 | Verim | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/9 | 1 | 7 | 1 |
| 15 | Karmaşıklık | 1 | 1 | 1/7 | 3 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1 | 5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 5 | 1 | 1/7 | 3 | 1/5 | 5 | 5 | 1/3 | 1 | 1/7 | 1 | 1/5 | 1 |

Tablo 21 Sn. S. Ürkmez' in Tablo B.1' e vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 4 | SFOC | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 5 | SLOC | 7 | 1 | 3 | 1 | | | | | | | | | |
| 6 | Güvenilirlik | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | | | | | | |
| 11 | Overhol zamanı | 5 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | | | | | |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 13 | Makine boyutu | 5 | 3 | 3 | 5 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | | | |
| 14 | Verim | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 15 | Karmaşıklık | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 7 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5 | 1 | |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 5 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/5 | 1 | 1 |

Bu sonuçların alınmasıyla problemin çözümü için gerekli veriler tamamlanmıştır. Ancak yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi Sn. Sualp Ürkmez' in Anket III' e vermiş olduğu yanıtlarda hata olduğu düşünülmüş, düzeltilmesi için temas kurulmağa çalışılmış ancak, başarılı olunamamıştır. Bu sebeple, problemin çözümü için yeter sayı ve meslek grubunun görüşünün alındığı düşünülerek Sn. Ürkmez' in Anket III' e verdiği yanıtlar göz ardı edilmiştir.

### 4.3 İki Ana Makina Alternatifinin Değerlendirilmesi

Anket II ve Anket III' ün Tablo 2 kısmıyla uzman kişilerden mevcut iki alternatif makine, M.A.N. B&W 5S35MC ve M.A.N. B&W 8L32/40 model makineler için karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Bu karşılaştırmalar yapılırken Fiyat, SFOC ve SLOC gibi kriterleri boş bırakmaları istenmiştir. Bunun sebebi, bu kriterlerin sayısal değerlerinin olması ve uzman kişilerin görüşlerine göre değişmemesidir. Bütün data toplandıktan sonra programa giriş işlemi sırasında her uzman için bu kriterlere aynı sayısal değerler yazılacaktır. Anket II ve Anket III Tablo 2' ye uzman kişilerin vermiş oldukları yanıtlar aşağıda verilmiştir.

Tablo 22 Sn. M. Aksoy' un Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 7 | 7 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 7 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 7 | 7 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 7 |
| 11 | Overhol zamanı | 7 | 3 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 7 | 7 |
| 13 | Makine boyutu | 7 | 5 |
| 14 | Verim | 9 | 7 |
| 15 | Karmaşıklık | 7 | 5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 5 | 7 |

Tablo 23 Sn. M. Akaltan' ın Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 7 | 9 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 7 | 7 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 7 | 9 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 9 | 7 |
| 11 | Overhol zamanı | 9 | 7 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 7 | 7 |
| 13 | Makine boyutu | 7 | 9 |
| 14 | Verim | 9 | 7 |
| 15 | Karmaşıklık | 7 | 7 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 7 | 7 |

Tablo 24 Sn. D. Alper' in Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 9 | 5 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 9 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 7 | 5 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 9 | 9 |
| 11 | Overhol zamanı | 9 | 5 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 9 | 9 |
| 13 | Makine boyutu | 9 | 9 |
| 14 | Verim | 9 | 5 |
| 15 | Karmaşıklık | 9 | 5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 9 | 7 |

Tablo 25 Sn. M. Koncavar' ın Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 9 | 7 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 9 | 7 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 7 | 7 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 9 | 9 |
| 11 | Overhol zamanı | 9 | 7 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 5 | 5 |
| 13 | Makine boyutu | 7 | 9 |
| 14 | Verim | 9 | 7 |
| 15 | Karmaşıklık | 9 | 7 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 9 | 7 |

Tablo 26 Sn. C. Koru' nun Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 3 | 7 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 5 | 7 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 5 | 7 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 7 |
| 11 | Overhol zamanı | 7 | 5 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 7 | 7 |
| 13 | Makine boyutu | 1 | 7 |
| 14 | Verim | 9 | 7 |
| 15 | Karmaşıklık | 7 | 5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 7 | 5 |

Tablo 27 Sn. A. Okay' ın Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 9 | 5 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 9 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 5 | 7 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 5 | 7 |
| 11 | Overhol zamanı | 7 | 3 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 7 | 5 |
| 13 | Makine boyutu | 9 | 7 |
| 14 | Verim | 9 | 5 |
| 15 | Karmaşıklık | 9 | 5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 9 | 5 |

Tablo 28 Sn. Y. Gül'in Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 9 | 5 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 9 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 5 | 7 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 7 |
| 11 | Overhol zamanı | 9 | 5 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 7 | 7 |
| 13 | Makine boyutu | 5 | 7 |
| 14 | Verim | 9 | 7 |
| 15 | Karmaşıklık | 7 | 5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 9 | 5 |

Tablo 29 Sn. S. Ürkmez'in Tablo B.2' ye vermiş olduğu yanıt

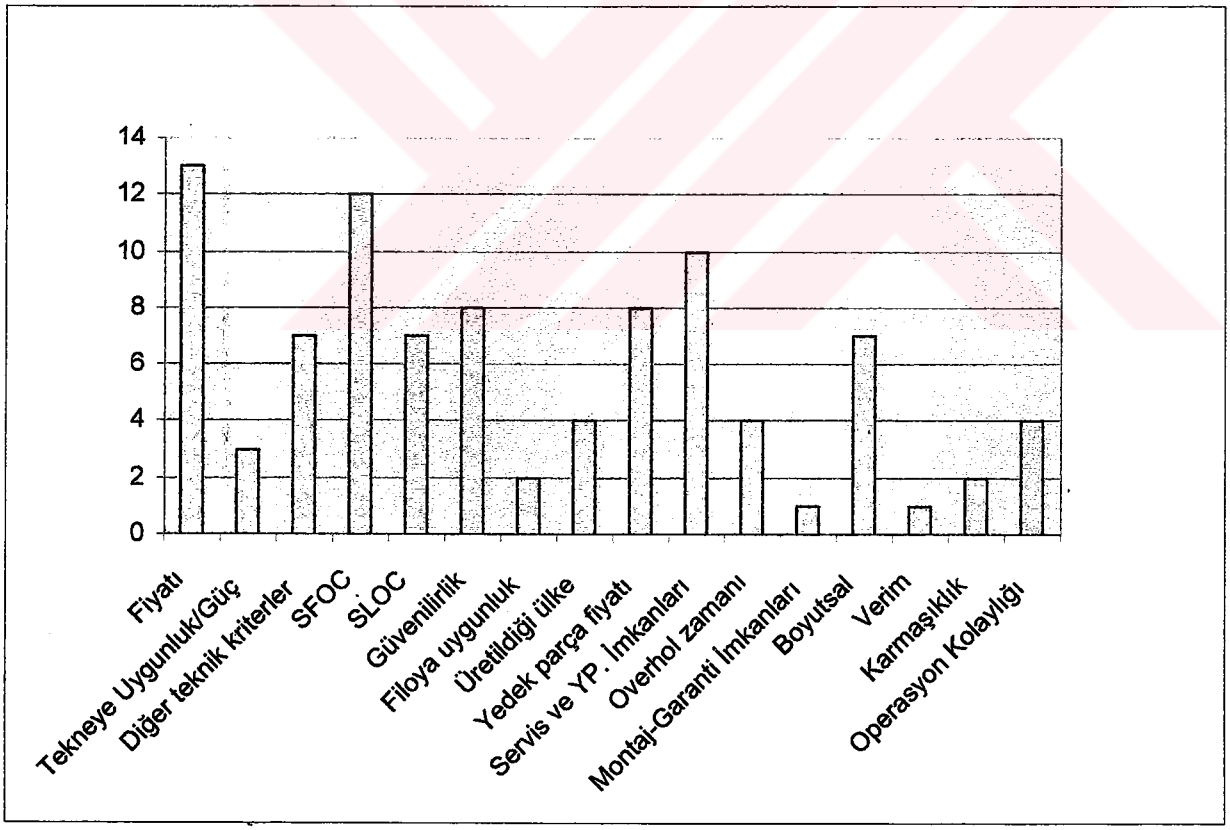
| No | Kriter Adı\Kriter No | M.A.N. B&W 5S35MC | M.A.N. B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 1 | Fiyatı | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | 7 | 5 |
| 4 | SFOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | SLOC | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | Güvenilirlik | 7 | 5 |
| 9 | Yedek parça fiyatı | 5 | 5 |
| 10 | Servis ve Y. Parça | 7 | 7 |
| 11 | Overhol zamanı | 7 | 5 |
| 12 | Mont. ve Garanti İm. | 5 | 5 |
| 13 | Makine boyutu | 7 | 7 |
| 14 | Verim | 7 | 7 |
| 15 | Karmaşıklık | 5 | 5 |
| 16 | Operasyon kolaylığı | 5 | 5 |

## 4.4 Elde Edilen Verilerin Değerlendirmesi Ve Sonuç

Anket I, Anket II, Anket III ile uzmanlardan alınan ve bir önceki aşamada özetlenen bilgiler, bu çalışma çerçevesinde yazılan ve Bölüm 5' te tanıtılan bilgisayar programı yardımıyla değerlendirilmişlerdir. Bu bölümde, yapılan değerlendirme işlemine ilişkin veri girişi ve sonuçların alınmasıyla ilgili ayrıntılara yer verilmiştir.

Programa, dataları M.A.N. B&W ' IN Türkiye temsilcisi firma tarafından sağlanan 2 zamanlı M.A.N. B&W 5S35MC VE 4 zamanlı M.A.N. B&W 8L32/40 makineleri alternatif olarak girilmiştir.

Daha sonra uzman kişilerin yanıtları sonucu oluşturulan hiyerarşi ağacına göre elde edilen kriterler; Fiyatı, Tekneye Uygunluk / Güç, Diğer Teknik Kriterler, SFOC, SLOC, Güvenilirlik, Filoya Uygunluk, Üretildiği Ülke, Yedek Parça Fiyatı, Servis ve Yedek Parça İmkanları, Overhol Zamanı (Parça Ömürleri), Montaj ve Garanti İmkanları, Makine Boyutu, Verim, Karmaşıklık, Operasyon Kolaylığı olmuşlardır:




Şekil 16 Kriterlerin Tekrar Sayıları

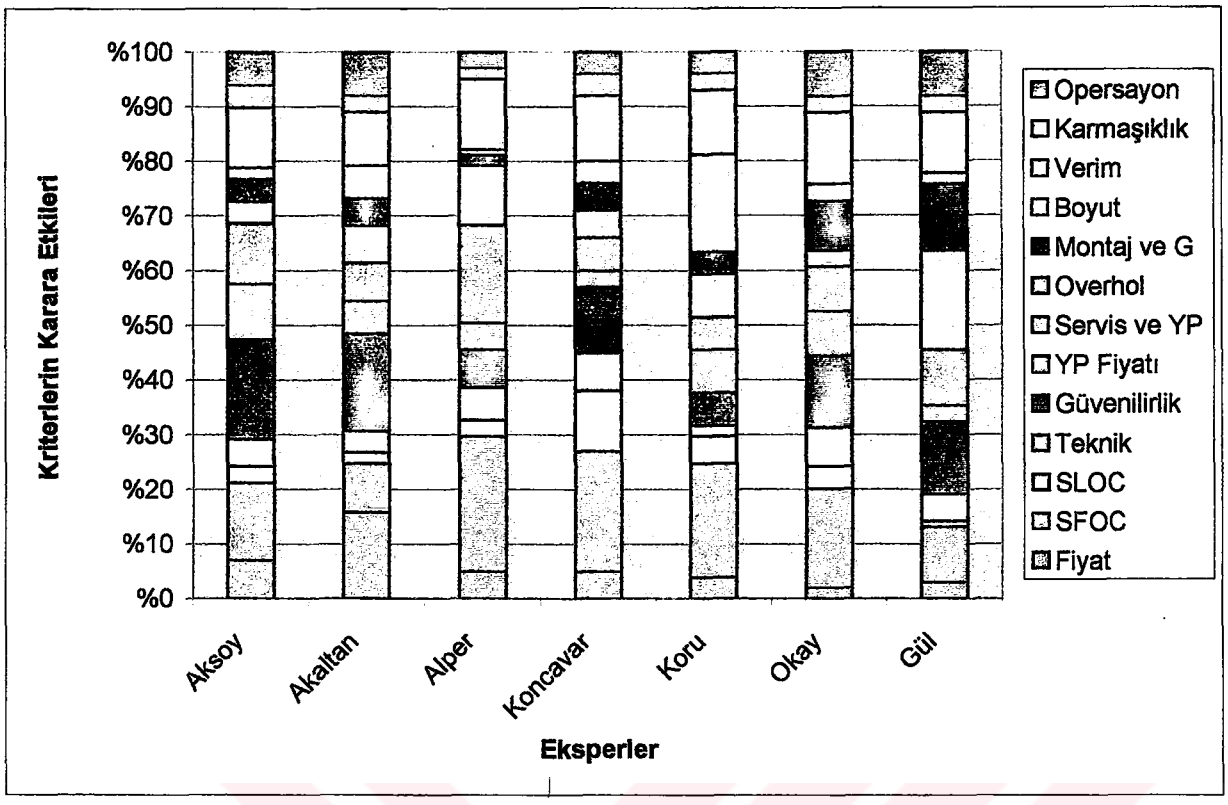
Bu kriterlerden Tekneye Uygunluk / Güç kriteri, eldeki dataların azlığı sebebiye eksperlerin değerlendirme yapamamaları sonucunda probleme dahil edilmemiştir. Ayrıca bu kriter "olmazsa olmaz" olarak değerlendirilip, zaten her iki alternatifin de bunu sağladığı düşünülmüştür.

Filoya Uygunluk, eksperler tarafından, Anket I' de, incelenmesine gerek olduğu belirtilmesine rağmen ele alınan vaka çalışmasında her hangi bir filoya mensup bir gemi için düşünülmemesi sebebiyle değerlendirme dışında bırakılmıştır.

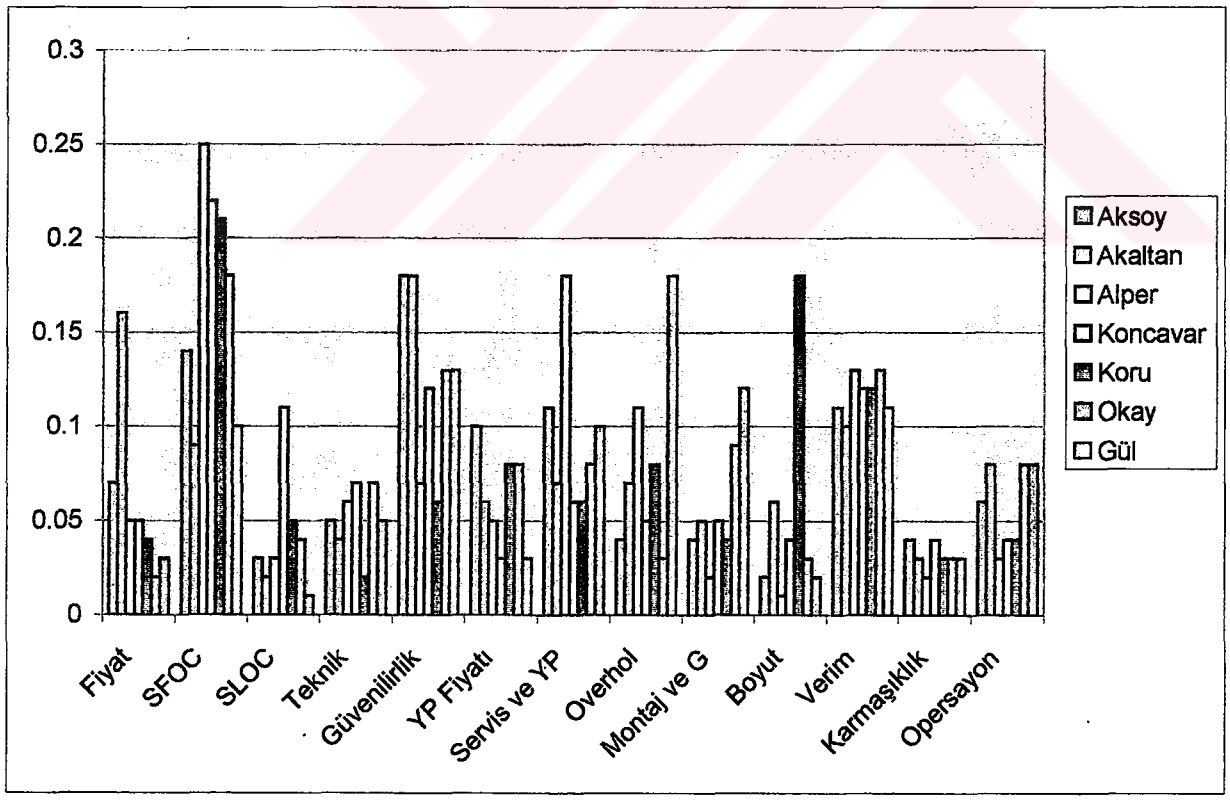
Üretildiği Ülke kriteri, çök önemli bir kriter olmasına rağmen bu çalışma kapsamında eldeki alternatif makinelere ait bilgilerde olmamasından dolayı değerlendirilememiştir. Ancak, elde edilmiş olsaydı, aynı diğer kriterlerin programa girildiği gibi girilerek değerlendirmesi mümkün olurdu.

Programa uzman kişilere ait veriler girilirken, kullanım bilgileri kısmında da belirtildiği gibi, eksper sayısı, adları ve bunların yanında eksperlerin ağırlıkları, yani sonuca etkime oranları da girilmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi bu çalışmada Sn. M. Aksoy, Sn. M. Akaltan, Sn. D. Alper, Sn. T. Çilli, Sn. Y. Gül, Sn. M. Koncavar, Sn. C. Koru, Sn. E. Latifoğlu, Sn. A. Okay, Sn. C. Rodriguez, Sn. E. Sağbaş, Sn. B. Şener, Sn. S. Ürkmez olmak üzere toplam 13 uzman kişinin görüşlerine başvurulmuştur. Bu kişilerden Sn. T. Çilli, Sn. E. Latifoğlu, Sn. C. Rodriguez, Sn. E. Sağbaş ve Sn. B. Şener Anket I' e yanıt verdikten sonra Anket II ve Anket III' e yanıt vermemişlerdir. Sn S. Ürkmez' in gödermiş olduğu Anket III' te hata olmasından dolayı vermiş olduğu yanıtlar göz önüne alınmamıştır. Böylece Anket I, 13 kişi tarafından, Anket II ve Anket III 7 kişi tarafından yanıtlanmıştır. Programa son kalan 7 kişi uzman olarak girilmiştir. Diğer kişilerden yalnızca kriterlerin neler olduğunun ortaya çıkarılmasında yararlanılmıştır. Son kalan 7 kişi Sn. M. Aksoy, Sn. M. Akaltan, Sn. D. Alper, Sn. Y. Gül, Sn. M. Koncavar, Sn. C. Koru ve Sn. A. Okay olmuştur. Sn M. Aksoy' a armatör olmasından dolayı ağırlık olarak diğer uzmanların ağırlığının 2 katı ağırlık verilmesi uygun bulunmuştur. Bütün eksperin ağırlıklarının toplamı 1.00 olması gerektiğinden hareketle, Sn M. Aksoy' a 0.25 diğer uzmanlara 0.125 olarak ağırlıklar belirlenmiş, programa bu doğrultuda veri girişi yapılmıştır.

Kriterlerin ikili karşılaştırma matrislerini oluşturmak için Anket II ve Anket III' teki Tablo 1' den yararlanılmıştır.



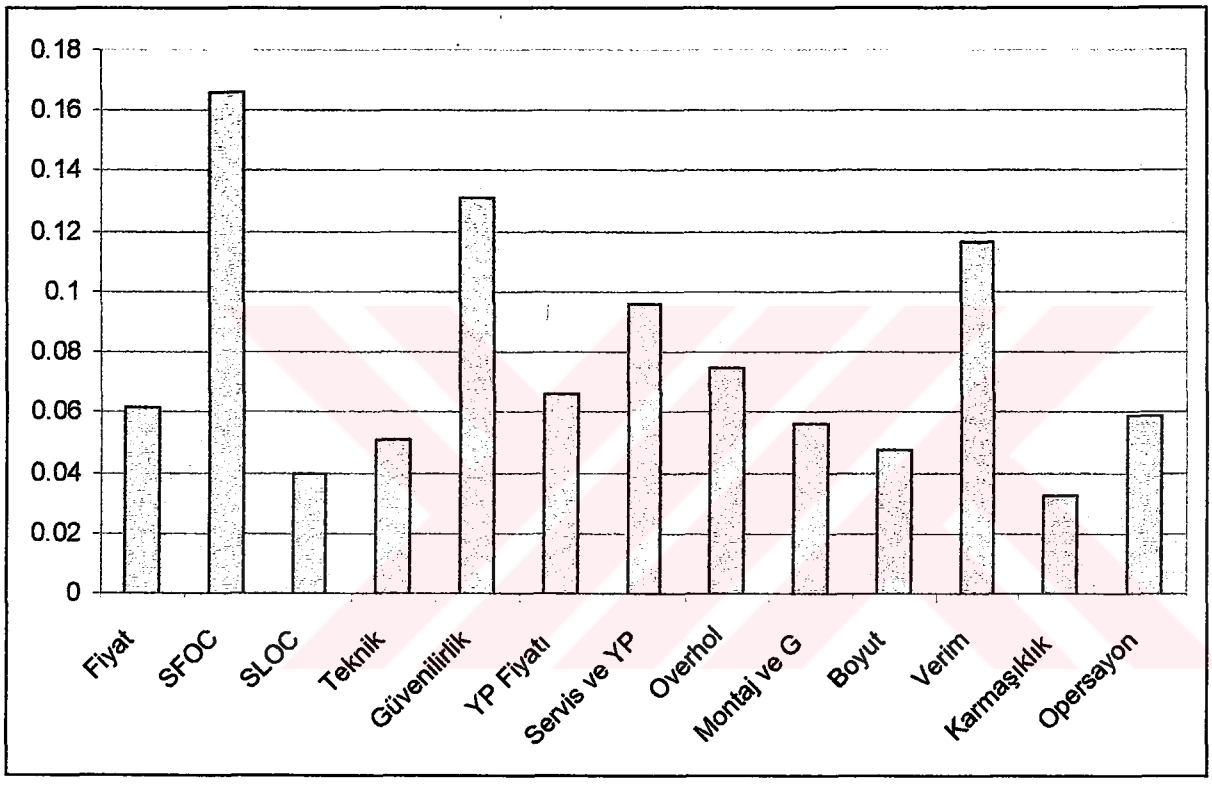

Şekil 17 Eksperlere Göre Kriterlerin Ağırlıkları




Şekil 18 Eksperlerin Kriterleri Değerlendirmeleri

Şekil 17' de kriterlerin ikili karşılaştırılmaları sonucu Özdeğer yöntemiyle elde edilen ağırlık dağılımı gösterilmektedir. Dikkat edilecek olursa, SFOC, Güvenilirlik, Servis ve Yedek Parça İmkanı ve Verim ana makine seçiminde öne çıkan kriterler olmaktadır.

Şekil 18' de Eksperlerin kriterlere bakış açısı bir başka grafikle gösterilmiştir. Burada ilgi çekici sonuç; Fiyat kriterine Sn. Akaltan ve Sn. Aksoy dışında hiçbir uzmanın yüksek önem vermemiş olması, bunun yanında Güvenilirlik, verim ve SFOC kriterlerine ise genelde yüksek puanlama yapılmış olmasıdır. İlgi çekici bir başka sonuç ta Boyut kriterine dizayner olan Sn. Koru' nun diğer uzmanların aksine yüksek önem vermesidir.




Şekil 19 Kriterlerin Karara Etkileri

Şekil 16 ve Şekil 19' a dikkat edilecek olursa; Fiyat, en fazla tekrar edilen kriter olmasına rağmen, görülüyor ki, uzmanların yaptıkları değerlendirmeler sonucunda Özdeğer Yöntemiyle ağırlık dağılımı elde edildiğinde kararı ilk adımda sanıldığı kadar çok etkilemediği görülmüştür.

Alternatiflerin değerlendirilmesi için ise, Anket II ve Anket III' teki Tablo 2' den yararlanılmıştır. Fiyat, SFOC, SLOC kriterlerinin değerleri her uzman için aynı olduğundan dolayı bu kriterlere göre alternatiflerin değerlendirmesi uzmanlara sorulmamıştır.

Alternatiflerin fiyatları girilirken, maliyet kriteri olmalarından ve çok büyük değerli olmalarından dolayı her ikisi de 1' e bölünmüş, ve $10^7$ çarpılmıştır. Yani birinci alternatif

$$\frac{1}{1{,}146{,}000} \times 10^{7} = 8.726$$

için;

ve ikinci alternatif için;

$$\frac{1}{1{,}050{,}000} \times 10^{7} = 9.524$$

yazılmıştır. Benzer şekilde SFOC değerlendirilirken yine önce yarar kriterine dönüştürülmüş daha sonra elde edilen sayı $10^3$ ile çarpılarak büyütülmüştür. Birinci

$$\frac{1}{175} \times 10^{3} = 5.714$$

alternatif için;

benzer şekilde ikinci alternatif için;

$$\frac{1}{182} \times 10^{3} = 5.495$$

girilmiştir.

SLOC için 1 g/kWh birim değeri temsilci firmadan alınan data sayfalarından alınmıştır. Ancak 1 değeri aynı zamanda dokuz noktalı duyarlılık ölçeğinin en alt değeri olduğu için SLOC değerlendirmelerine 1.0 yazılarak sözü geçen bu iki farklı sayının karışmaması sağlanmıştır.

Bütün veriler programa girildiğinde ve Bölüm 3' te anlatıldığı gibi Vektörel Normalizasyon ve Ağırlıklı Aritmetik Ortalama seçenekleri işaretlenerek hesaplama yapıldığında 5S35MC' in tercih skoru 0.71, 8L32/40' ın tercih skoru ise 0.29 olarak ekrandan görülmektedir. Bu sonuca göre tercih edilmesi gereken makine 5S35MC' dir. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi karar verme sürecinde, mantıksal yaklaşımın yanında duygusal ve sezgisel yaklaşım da önemli olmaktadır. Bunu şöyle örnekleyelim; daha önce de belirtildiği gibi, benzer 3 gemiden 2 tanesi için yukarıda çıkan sonuç gibi 5S35MC seçilmiş, bir tanesi için de farklı marka ama bu kez 4 zamanlı makine seçilmiştir.

# 5. BİLGİSAYAR YAZILIMI

Ek' te kurulum disketleri (2 adet) verilmiş olan bilgisayar yazılımı da bu çalışma çerçevesinde hazırlanmış olup, yöntem araştırılırken benzer ve tekrarlı işlemlerin elle yapılmamasını sağlamamıştır. Dördüncü kuşak programlama ($4^{th}$ GL) yani, Nesneye Dönük Programlama Dillerinden (Object Oriented Programming Language) olan Visual Basic V5.0 Professional Edition ile hazırlanmış olan bilgisayar yazılımı aşağıda tanıtılmış ve kullanıcı bilgileri anlatılmıştır.

## 5.1 Kurulum

Ek' te sunulmuş olan kurulum disketleri, programın istenen bilgisayarda kurularak çalışmasını sağlamak için hazırlanmıştır. Program, Windows 95B ve daha sonraki sürümler yüklenmiş olan bilgisayarlarla, Windows NT işletim sistemi yüklü olan bilgisayarlarda çalışabilmektedir. Daha düşük versiyonlarda kurulmak istenirse bazı diyalog dosyalarının (.DLL dosyalar) bulunamadığı hatasını verir ve kurulum tamamlanamaz. Bu durumda hata verdiği dosya isimlerinin tamamlanması ya da güncellenmesi gereklidir. En emin yol bilgisayardaki işletim sisteminin güncellenmesidir. Eğer bu mümkün olmuyorsa, hata oluşturan dosyalar başka bir bilgisayardan bulunarak "..\windows\system" dizini altına kopyalanmalıdır. Önce 1 numaralı disket, A sürücüsüne takılarak "setup.exe" uygulaması çalıştırılır. Bu, kurulum işlemini başlatan programdır. Ekranda çıkan diyalog kutuları takip edilerek ve istenen yanıtlar verilerek programın bilgisayarda istenen bölgeye kurulması sağlanmış olur.

Program, bazı bilgisayarlarda kullanılan fontların bulunmaması ve istenen görüntülerin elde edilememesi sebebiyle İngiliz Alfabesi dolayısıyla İngilizce kullanılarak yapılmıştır. Bu yüzden programda yer alan menü, düğme, form, vs. isimleri ile çeşitli anlatım ve sorular İngilizce' dir.

İkinci olarak programın sorunsuz çalışabilmesi için "Bölgesel Ayarlar" dan klavyenin "Türkçe", ondalık ayracının "Nokta" (.) ve binlik ayracının da "Virgül" (,) olarak ayarlanması gerekmektedir.

## 5.2 Ana Menü

Kurulum sırasında belirtilen dizin içimdeki "madm.exe" uygulaması çalıştırılarak programa başlanır. İlk olarak ekrana gelen Ana Menü' dür. Ana Menü üzerindeki 7 adet düğme (button) ile program çalıştırılmaktadır. Bu düğmeler; "Alternatives", "Attributes", "Experts", "Alternative Rating", "Attribute Rating", "Calculation" ve "Exit" dir. Bunlardan "Alternatives", "Attributes", "Experts", "Alternative Rating", "Attribute Rating", "Calculation" alt menülere dallanırken, "Exit" düğmesi programdan çıkmak için kullanılır. Alt menülerden direkt olarak programdan çıkılamadığı için önce Ana Menü' ye dönülmeli ve "Exit" düğmesi ile çıkılmalıdır.

Yukarıda sayılan düğmelerden birbirlerine geçiş, klavyenin solunda bulunan "Sekme Tuşu" (Tab Key) ile yapılabilineceği gibi aynı zamanda "Fare" (Mouse) ile de yapılabilir. Herhangi bir karar probleminin çözülmesi sırasında Bölüm 3. Yöntem' de verilen algoritmaya uymak için Ana Menü' de belli bir sıra izleyerek alt menülere dallanılmalıdır. Bu sıra "Alternatives", "Attributes", "Experts", "Alternative Rating", "Attribute Rating", "Calculation" ve "Exit" olarak karşımıza çıkmaktadır.

## 5.3 Alternatifler (Alternatives)

Ana Menü' deki "Alternatives" düğmesine basıldığında ya da fare ile "tıklandığında" ekrana gelen alt menüdür. "Alternatives" formu ile üzerindeki "Save", "Open" ve "Main Menü" düğmelerinden oluşmaktadır. Karar problemindeki alternatiflerin programa tanıtılması görevini yapar. Alternatifler iki şekilde programa tanıtılabilirler. Eğer daha önce girilmek istenen alternatiflere ilişkin kaydedilmiş bir çalışma yapılmamışsa alternatifleri kaydetmek için "Save", eğer alternatifler daha önce başka bir uygulama için kullanılmışsa, "Open" düğmelerine basılarak sisteme tanıtılırlar. "Save" düğmesine basıldığında "File Save" diyalog kutusu ekrana gelir. Bu kutu aracılığıyla programa yeni tanıtılacak alternatiflerin hangi dizin ve hangi dosyanın içinde yer alacağı bildirilir. Daha sonra, ekrana işlem yapılacak alternatiflerin sayısının sorulduğu kutu ekrana gelir. Yanıt olarak sayısal değer yazılması gereken bu kutuya alfa-sayısal değer yazılırsa program "Tip Uyuşmazlığı" (Type Mismatch) hatası verir. Sonraki adımlarda tek-tek alternatiflerin adları girilir. Bu aşamada ne girilirse girilsin hepsi alfa-sayısal olarak tanınacağından alternatif isimleri olarak sayılar da verilebilir. İkinci olarak eğer alternatifler aynı problemin başka şekillerinde ya da başka problemlerde kullanılmışsa, daha önce tanıtılan alternatifleri dosyadan çağırmak için "Altenatives" alt menüsündeki "Open" düğmesine basılmalıdır. Düğmeye basıldığında "File Open" diyalog kutusu belirir. Burada, alternatiflerin daha önce saklandığı yol ve dosya

tanıtılarak programın buradan alternatif isimlerini ve sayısını okuması sağlanmış olur. Tekrar ekrana "Alternatives" formu geldiğinde "Main Menü" düğmesine basılarak Ana Menü' ye dönülür. Daha sonraki aşamalarda benzer şekilde kriterler ve eksperler programa tanıtılmalıdırlar.

### 5.4 Kriterler (Attributes)

"Alternatives" alt menüsünde olan "Save", "Open ve "Main Menü" düğmeleri "Attributes" alt menüsünde de yer alırlar. "Save" düğmesi "File Save" diyalog kutusunu çağırır ve daha önce kriterler hiçbir uygulamada tanıtılmamışsa tanıtılırlar. Eğer kriterler daha önce başka bir uygulamada tanıtılmışlarsa, "Open" düğmesine basılarak "File Open" kutusu çağrılır, daha önce kriterlerin kaydedildiği dosya belirtilir ve programın kriterleri ve sayısını okuması sağlanır. Bu menüde de Kriterler kaydedilirlerken sayısı sorulduğunda yalnızca sayısal değerler verilmelidirler, isim için sayısal ya da alfa-sayısal değer vermek önemli değildir. Ana Menü' ye dönmek için öncekine benzer biçimde "Main Menu" düğmesi tıkanmalıdır.

### 5.5 Uzmanlar (Experts)

Ana Menü' deki üçüncü sıradaki düğmeye basılarak girilen "Experts" alt menüsü görüşleri problem çözümü aşamasında değerlendirilecek olan uzmanların adlarının, sayılarının ve ağırlıklarının programa tanıtıldıkları kısımdır. Yine "Alternatives" ve "Attributes" Menüleri gibi "Save", "Open" ile "Main Menu" düğmeleri bulunmaktadır. Ancak bu menüde diğerlerinden farklı olarak, uzmanların sayı ve isimleri girildikten sonra uzmanların toplamı 1 olacak şekilde her uzmana ayrı-ayrı ağırlık değerleri atanır. Şöyle ki; "Save" düğmesine basıldığında ekranda beliren kutuda ilk olarak uzman sayısı sorulur. Sayısal olarak girilen bu değerden sonra, sırasıyla her uzmanın adı ve ondalıklı olarak ağırlığı yazılır. Dikkat edilecek husus yukarıda da anlatıldığı gibi, uzmanların sayıları sorulduğunda sayısal değer verilmeli, ağırlıkları sorulduğunda ise toplamları 1 olacak şekilde ondalıklı sayısal ağırlık değerleri verilmelidir. Bu iki noktaya dikkat edilmediği zaman program "Tip Uyuşmazlığı" hatası vermektedir. Yine bu alt menüden de "Main Menü" düğmesine basılarak Ana Menü' ye geçilir, buradan da istenen alt menüye ya da programdan çıkışa dallanılır.

### 5.6 Alternatiflerin Değerlendirilmesi (Alternative Rating)

"Alternative Rating" düğmesine basılarak girilen "Alternatiflerin Değerlendirilmesi" alt menüsüne girmeden önce, başta da belirtildiği gibi anlatılan "Alternatives", Attributes" ve

"Experts" alt menülerine girilmiş ve gerekli olan değerler programa tanıtılmış olamalıdır. Çünkü "Alternative Rating" ve "Attribute Rating" alt menülerinde "Msflexgrid" mesnesi kullanılarak tablo yapılmıştır ve bu tablo, anlatılan ilk üç alt menüden elde edilen değerlerin kullanılmasıyla oluşmaktadır. Eğer, alternatifler, kriterler, uzmanlar ve bunların sayıları tanıtılmamışsa, karar matrisini oluşturan bu tablolar ekrana tek hücre olarak gelirler ve sonuçta girilmek istenen değerler girilemezler.

"Alternative Rating" formunda eksperlere göre alternatiflerin karşılaştırılması yani, her eksperin bireysel karar matrisi girilir. Ekrana gelen formda en üstte uzman isimlerini içeren bir "Açılır Liste" (Combo Box), altında satırları alternatif isimleri olan, kolonları kriter adları olan tablo, bunun da altında elemanları dokuz aralıklı duyarlılık ölçeği olan başka bir "Açılır Liste", en altta ise "OK" ve "Main Menü" dügmeleri bulunmaktadır.

Bu alt form için de daha önceden kaydedilmiş karar matrisleri varsa, Pop Menü' den "File", sonra "Open" seçenekleri seçilerek önceki karar matrisleri programa tanıtılırlar. Hangi uzmanın karar matrisi görüntülenmek isteniyorsa, üstteki "Açılır Liste" den o uzmanın adı seçilip karar matrisi görüntülenir. Bu durumda başka bir işlem yapılması zorunlu değildir. Ancak kullanıcı, uzmanların karar matrislerini görmek istiyorsa ya da herhangi bir kısmında değişiklik yapmak istiyorsa aşağıda anlatıldığı gibi değişiklikler yapılabilir. Ana Menü' ye dönmek için "Main Menü" düğmesine basılarak bir sonraki adım için çıkılabilir. Eğer daha önce karar matrisleri girilmemişse veya dosyadan çağırılan karar matrislerinin bir kısmında değişiklik yapılmak isteniyorsa, üstteki "Açılır Liste"den işlem yapılmak istenen uzmanın adı seçilir. Daha önce girilmiş değerler varsa dolu bir tablo, yoksa boş bir tablo ekrana gelir. Tablonun doldurulmak ya da değiştirilmek istenen hücresi Fare ile seçilir. Seçilen hücreye değer atanması için aşağıdaki "Açılır Liste" tıklanır ve buraya sayı yazılmak isteniyorsa sayı, dokuz noktalı duyarlılık ölçeğinden bir değer girilmesi isteniyorsa açılan listeden bir değer girilerek atama yapılır. Tablo istenildiği gibi doldurulduktan sonra, "Ok" düğmesine basılarak girilen değerlen onaylanır ve tablodaki değerler kaybolur. Üstteki "Açılır Liste" den bütün uzmanlar seçilerek istenen şekilde tablolar doldurulduktan sonra oluşturulan bu karar matrisleri saklanmak isteniyorsa, "Pop Menü" deki "File" menüsünün "Save" alt menüsü tıklanarak "File Save" kutusu çağrılır. Arzu edilen dosya yolu ve adı girildikten sonra "Main Menü" düğmesiyle daha sonraki adıma geçmek üzere "Ana Menü" çağrılır.

Bu form ve program önceki bölümlerde anlatılan Yarar Kriterlerine göre oluşturulmuştur. Bu yüzden tabloya sayısal değerler girilmesi isteniyorsa, bazı kurallara uymak gerekmektedir. Yapılması gereken dönüşümler herhangi bir elektronik tablolama aracıyla ya da bir hesap makinesi yardımıyla hemen yapılırlar.

- Sayılar eğer kayar noktalı ise kayar kısmı ayıran ondalık ayracı "Nokta" (.) olmalıdır.

- Monoton Olmayan Kriterler' le çalışılıyorsa bu kriterler için girilecek değerler önce Bölüm 2' de anlatılan "Z skoru" yöntemiyle monoton olan değerlere dönüştürülürler. Dönüştürülen değerler arttıkça tercih sebebi artacağından bu işlem sonunda Yarar Kriterine uygun sayılar elde edilmiş olurlar.

- Maliyet Kriteri niteliğinde kriterlerle çalışılıyorsa, her değerin çarpma işlemine göre tersi alınarak Yarar Kriterine dönüştürülür ve programa girilirler.

## 5.7 Kriterlerin Değerlendirilmesi (Attribute Rating)

Programın tanımlama ile ilgili son kısmıdır. Ana Menü' den, "Attribute Rating" düğmesine basılarak girilir. "Alternative Rating" formuna benzer bir yapıdadır. Üstte uzman kişilerin adlarını içeren "Açılır Liste", altında, kriterlerin ikili karşılaştırmalarının girildiği tablo, ve onun da altında kriterlerin karşılaştırma ölçeğini içeren "Açılır Liste" bulunur. En altta ise "Ok" ve "Main Menu" düğmeleri bulunur. Bunlara ek olarak "File" menüsünün bulunduğu "Pop Menu" de formun en üst tarafında yer almaktadır. Şu ana kadar anlatılanlar gibi bilgiler burada da hem kaydedilebilmekte hem de daha önceden kaydedilmiş verilerle işlem yapılabilmektedir.

$$
\begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \end{array} \\
\begin{pmatrix}
w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & w_1 / w_3 \\
w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & w_2 / w_3 \\
w_3 / w_1 & w_3 / w_2 & w_3 / w_3
\end{pmatrix}
\end{array}
$$

Şekil 20 Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

Bu form aracılığıyla yukarıda görülen matrisin her eksper için doldurulması sağlanmış olmaktadır. Buradan elde edilecek matrisler, Özdeğer Yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanılacaklardır.

Datalar girilirken önce, üstteki "Açılır Liste" den uzman adı seçilir. Her uzmanın önceden belirtmiş olduğu ikili karşılaştırmalar ekrandaki tabloya uygun olarak girilir. Tablo oluşturulurken değer girilecek hücrenin önce tablo üzerinde tıklanmasına ve daha sonra alttaki "Açılır Liste" den seçilmiş olan hücreye ait değerin girilmesine dikkat edilmelidir.

"Açılır Liste" deki değerlere bakıldığında fark edileceği gibi, yalnızca 1' den büyük değerler tabloya girilebilmektedir. Bunların tersi olan değerler program tarafından otomatik olarak tabloya işlenmektedir. Bu yüzden yalnızca bir ve birden yukarı hücrelerin değeri girilmelidir. Bu da (nxn) bir kare matris için, toplam n.(n-1)/2 adet hücreye değer girilmesi anlamına gelmektedir.

Tabloya girilen değerlerin ilişkili değişkenlere atanabilmesi için, bir önceki bölümde anlatıldığı gibi burada da "Ok" düğmesine basılarak onay verilmelidir. Bütün uzmanlar için tablolar doldurulduktan sonra, bir sonraki adıma geçmek üzere "Main Menü" düğmesiyle "Ana Menü" çağrılır.

### 5.8 Hesap (Calculation)

Bütün hesaplamamalara temel teşkil eden bilgilerin alındığı kısımdır. Ana Menü' den "Calculation" düğmesine basılarak girilir. Üzerinde normalizasyon ve agregasyon yöntemlerine ait bilgiler tanımlanmış, Normalizasyon yöntemi olarak Vektörel Normalizasyon ile agregasyon yöntemi olarak Aritmetik Ortalama default olarak seçilmiştir. Eğer bunlar dışında bir yöntem kullanılmak istenirse, "Seçim Kutuları" ndan işaretlenerek istenilen sonuca gidilmiş olur. "Seçim Kutuları" nın yanında "Main Menu" düğmesi daha önceki formlarda bulunanlara aynı esasa göre çalışmaktadır. "Done" düğmesi ise hesaplamayı başlatan programın son düğmesidir. Tıklandığı zaman, "File Save" diyalog kutusu çıkar ve sonuç dosyasının saklanılması istenen yol ve dosya adını sorar. Bu bilgiler girildikten sonra programa girilen bilgilere göre alternatiflerin tercih oranları ekrana gelir. Bu diyalog kutusu "Ok" düğmesine basılarak geçilebilir. Programdan çıkmak veya başka bir işlem yapmak için "Main Menu" düğmesi tıklanarak Ana Menü' ye dallanılır. Program sonuçları ekrana getirirken, aynı zamanda problemin çözümüne ilişkin kollektif karar matrisini ve alternatiflerin nihai skorlarını "Done" düğmesine basıldıktan sonra adı girilen dosyanın içerisine de yazmaktadır. Bu dosya herhangi bir kelime işlemci ya da bir elektronik tablolama programı vasıtasıyla görüntülenirse, üst kısımda görünen matrisin satırları sırasıyla, alternatifleri, sütunları da kriterleri göstermektedir.

# 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Fuzzy Mantığına girmeden konvansiyonel yöntemlerle yapılabilecek geniş çaplı bir karar algoritması üzerinde çalışılmış ve birden fazla eksperin farklı görüşleri doğrultusunda farklı değerlendirmeler yaptığı, farklı kriter ağırlıklarını, nitel ve nicel kriterleri, monoton olan ve monoton olmayan kriterleri, ölçü birimleri faklı olan, yarar kriterleri ile maliyet kriterlerini aynı çözüm içinde irdeleyip sonuç çıkaran bir algoritma geliştirilmiş,buna ilişkin bilgisayar programı yazılarak, uygulama amacıyla bir vaka çalışması yapılmıştır.

Ek' te kaynak kodları verilmiş olan bilgisayar yazılımı daha sonra bu konuda araştırma yapacak kişilere basamak olması ve geliştirilebilmesi amacıyla Visual Basic 5.0 programlama diliyle yazılmıştır. Programda ayrıca bu çalışma çerçevesinde incelenen ancak, yapılan çalışma için yetersiz görülen çeşitli yöntemler de yer almıştır. Tez konusu olan algoritma dışında, bu yöntemler daha sonra yapılacak çalışmalar için yararlanılabilecek niteliktedir.

Yapılan test çalışmaları göstermiştir ki, üretilen algoritma ve bilgisayar uygulaması doğru sonuç vermektedir. Ancak, yeni bir problem çözülmeden önce eksper görüşleri alınıp, eksper ağırlıkları programa girildikten sonra bilgisayar yazılımınca oluşturulan modelin benzer başka bir problemde test edilmesi yararlı olmaktadır. Böylece kullanıcı tarafından atanan sayıların doğruluğu test edildikten sonra, sonucu bilinmeyen benzer problem rahatlıkla çözülebilir.

Bu konuda çalışma yapacak araştırmacılara yapılması gereken bir uyarı, özellikle vaka çalışması yaparken uzman görüşleri alınması gerekiyorsa, görüşleri sorulacak uzmanlarla karşılaşılmadan önce bir ön çalışma yapılması gereğidir. Uzmanlar genel olarak zaman sorunu olan kişiler olduğu için amaca en kolay ulaşabilecek, rahat anlaşılır sorular ya da anketler hazırlanmalıdır. Bu araştırmada uzmanların zaman sorunu bilinmesine ve bu amaca ilişkin çalışmalar yapılmasına rağmen, vaka çalışmasında dağıtılan anketlerden toplanan sonuç, beklenenin altında olmuş, bu sebeple anketler tekrarlanmış ve buna rağmen bazı uzmanlardan beklenen yanıtlar alınamamıştır.

## KAYNAKLAR


[1] **Yoon, P and Hwang, C,**.1995, Multiple attribute Decision Making An Introduction, Sage Publications, New Delhi.

[2 ]**Korum, U.,** 1991. Sosyal Bilimlerde İstatistik. Turhan Kitabevi, Ankara.

[3] **Hanke, J. And Reitsch, A.**, 1991. Understanding Business Statistics, Irwin Pulications ,USA.

[4] **Gürel, O.**, 1966. Lineer Programlama Dinamik Programlamaya Giriş., Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.

[5] **Cook, W. D. ve Seiford L. M.**, 1978. Priority Rankin and Consensus Formation.. Springer - Verlag, New York.

[6] **Miller, G. A..**, 1956. The Magic Number Seven, Plus Or Minu Two., Psychological Review 63.

[7] **Hwang, C. ve Lin, M. J..**, 1987. Group Decision Making Under Multiple Criteria., Springer - Verlag, New York.

[8] **Saaty, T. L..**, 1980. The Analytical Hierarchial Proce., Wiley, New York.

[9] **Roy, B..**, 1971. Problems And Methods With Multiple Objective Functions., Mathematical Programming.

[10] **Ülengin, B.,** 1997. Olaylarla Sayısal Araştırma Yöntemleri.

[11] **Ercan, S.,** 1997. Matematiksel Proglamlama.

# EKLER

- Ek A : Anket I
- Ek B : Anklet II
- Ek C : Anket III

EK A

## İTÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## GEMİ İNŞAATI ABD

## GEMİ İNŞAATI PROGRAMI

## YÜKSEK LİSANS TEZ ANKETİ - I

**TEZ DANIŞMANI : Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI**

**HAZIRLAYAN : Gemi İnş. Ve Mak. Müh. Serdar YARAŞ**

Deneyim ve bilgilerinizden Yüksek Lisans Programı için yapılan bir araştırmaya objektif veriler toplamak amacıyla yararlanma gereği duyulmuştur. Yardımınız için teşekkür ederiz.

Serdar YARAŞ

Soru:

Eğer bir gemiye alınacak Ana Makinanın ne olacağına karar verme durumunda olsaydınız size teklif edilen makinalar arasında hangi özellikleri kıyaslardınız? Kontrol edeceğiniz kriterleri en az beş, en çok on adet olmak üzere ana başlıklar halinde yazınız.

Yanıt:

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

5) _____

6) _____

7) _____

8) _____

9) _____

EK B

# İTÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## GEMİ İNŞAATI ABD

## GEMİ İNŞAATI PROGRAMI

## YÜKSEK LİSANS TEZ ANKETİ - II

**TEZ DANIŞMANI : Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI**

**HAZIRLAYAN : Gemi İnş. Ve Mak. Müh. Serdar YARAŞ**

Yapılmakta olan Yüksek Lisans Programı araştırmasına daha önce dağıtılan ANKET-I aracılığıyla yaptığınız katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

ANKET – I 'in devamı olan bu anket, aynı konu üzerinde daha fazla bilgiye gereksinim duyulduğu için ek olarak hazırlanmış olup, konu ile ilgili ikinci ve son ankettir.

Lütfen adınızı ve mesleğinizi anket formunun sağ üst köşesine yazınız. Yardımlarınıza teşekkür ederiz.

Serdar YARAŞ

ANKET – I ' de sizinle birlikte toplam 11 uzman görüşleri ile bu çalışmaya katkı sağlamışlardır. Kendilerine ana makine seçiminde dikkat edilecek kriterlerin sorulduğu soru ya verilen yanıtlar derlenerek aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Fiyat

Tekneye uygunluk / Güç

Diğer teknik kriterler

SFOC (Specific Fuel Oil Consumption)

SLOC (Specific Lub. Oil Consumption)

Güvenilirlik

Filoya uygunluk

Üretildiği ülke

Yedek parça fiyatı

Servis ve yedek parça imkanları

Overhol zamanı

Montaj ve garanti imkanları

Makinanın boyutu

Verim

Karmaşıklık

Operasyon kolaylığı

Lütfen aşağıda verilen, konu kriterlerin ikili karşılaştırma tablosunu doldurunuz.

9 aralıklı duyarlılık ölçeği aşağıdaki gibidir:

1 "Equally Imporant"

3 "Moderately More Important"

5 "Strongly More Important"

7 "Very Strongly More Important"

9 "Extremely More Important"

**Örnek:**

Eğer "Güvenilirlik" kriterini "Yedek Parça Fiyatı" kriterinden önemli buluyorsanız ve bu önem derecesi "7 Extremeley Important" ise;

Karşılaştırılan kriter numaraları 6 ve 9' dur. 6 numaralı kriter 9 numaralı kriterden 7 derece daha üstündür. Bu durum 6 numaralı satırın 9 numaralı sütunla kesiştiği hücreye 7 yazılarak ifade edilir.

Eğer "Yedek Parça Fiyatı" kriterini "Güvenilirlik" kriterinden önemli buluyorsanız ve bu önem derecesi "7 Extremeley Important" ise;

Karşılaştırılan kriter numaraları yine 6 ve 9' dur. Fakat bu kez 9 numaralı kriter 6 numaralı kriterden 7 derece daha üstündür. Bu durum 9 numaralı satırın 6 numaralı sütunla kesiştiği hücreye 7 yazılarak ifade edilir.

Yukarıdaki açıklamalar ışığında lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

**Tablo B.1:**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Fiyatı** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | **Tekneye uygunluk** | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | **Diğer Teknik Kriter.** | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | **SFOC** | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | **SLOC** | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 6 | **Güvenilirlik** | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 7 | **Filoya uygunluk** | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 8 | **Üretildiği ülke** | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 9 | **Yedek parça fiyatı** | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 10 | **Servis ve yedek parça** | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 11 | **Overhol zamanı** | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| 12 | **Montaj ve Garanti İm** | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| 13 | **Makine boyutu** | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 14 | **Verim** | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 15 | **Karmaşıklık** | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 16 | **Operasyon kolaylığı** | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

Lütfen aşağıda modelleri yazılmış 2 stroklu ve 4 stroklu M.A.N. B&W 5S35MC ve 8L32/40 model makinaları karşılaştırınız.

Karşılaştırırken dikkat edilecek husus, her iki alternatifin değerlendirmesini aşağıda verilen ölçeğe göre yapmaktır.

1 Çok Kötü

3 Kötü

5 Orta

7 İyi

9 Çok iyi

Her iki makine ile ilgili teknik data Ek' te sunulmuştur.

**Tablo B.2:**

| . | Kriterler | **MAN B&W 5S35MC** | **MAN B&W 8L32/40** |
|---|---|---|---|
| 1 | **Fiyatı** | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 2 | **Tekneye uygunluk** | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 3 | **Diğer Teknik Kriter.** | | |
| 4 | **SFOC** | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 5 | **SLOC** | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 6 | **Güvenilirlik** | | |
| 7 | **Filoya uygunluk** | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 8 | **Üretildiği ülke** | DOLDURULMAYACAK | DOLDURULMAYACAK |
| 9 | **Yedek parça fiyatı** | | |
| 10 | **Servis ve yedek parça** | | |
| 11 | **Overhol zamanı** | | |
| 12 | **Montaj ve Garanti İm** | | |
| 13 | **Makine boyutu** | | |
| 14 | **Verim** | | |
| 15 | **Karmaşıklık** | | |
| 16 | **Operasyon kolaylığı** | | |

EK C

## İTÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## GEMİ İNŞAATI ABD

## GEMİ İNŞAATI PROGRAMI

## YÜKSEK LİSANS TEZ ANKETİ - III

**TEZ DANIŞMANI : Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI**

**HAZIRLAYAN : Gemi İnş. Ve Mak. Müh. Serdar YARAŞ**

Yapılmakta olan Yüksek Lisans Programı araştırmasına daha önce dağıtılan ANKET-I aracılığıyla yaptığınız katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

ANKET – I 'in devamı olan bu anket, ANKET – II' ye istenen düzeyde katılımın gerçekleşmemesi üzerine kolaylaştırılarak sunulmuştur.

Lütfen adınızı ve mesleğinizi anket formunun sağ üst köşesine yazınız. Yardımlarınıza teşekkür ederiz.

Serdar YARAŞ

ANKET – I ' de sizinle birlikte toplam 11 uzman görüşleri ile bu çalışmaya katkı sağlamışlardır. Kendilerine ana makine seçiminde dikkat edilecek kriterlerin sorulduğu soru ya verilen yanıtlar derlenerek aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Fiyat

Tekneye uygunluk / Güç

Diğer teknik kriterler

SFOC (Specific Fuel Oil Consumption)

SLOC (Specific Lub. Oil Consumption)

Güvenilirlik

Filoya uygunluk

Üretildiği ülke

Yedek parça fiyatı

Servis ve yedek parça imkanları

Overhol zamanı

Montaj ve garanti imkanları

Makinanın boyutu

Verim

Karmaşıklık

Operasyon kolaylığı

Lütfen aşağıda verilen, konu kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapınız.

9 aralıklı duyarlılık ölçeği aşağıdaki gibidir:

1 "Equally Important"

3 "Moderately More Important"

5 "Strongly More Important"

7 "Very Strongly More Important"

9 "Extremely More Important"

**Örnek:**

Eğer "Fiyat" kriterini "Teknik Özellikler" kriterinden önemli buluyorsanız ve bu önem derecesi "7 Extremeley Important" ise;

1 numaralı satırda "Fiyat" kriterinin sol tarafına 7 yazılır.

Eğer "Teknik Özellikler" kriterini "Fiyat" kriterinden önemli buluyorsanız ve bu önem derecesi yine "7 Extremeley Important" ise;

Bu kez 1 numaralı satırda sağdaki boş kolona 7 yazılır.

Eğer her iki kriter de kriter eşit ağırlıklı ise hem sağ hem de sol hücrelere 1 yazılır.

Yukarıdaki açıklamalar ışığında lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Tablo C.1:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | Fiyatı | Teknik Özellikler | |
| 2 | | Fiyatı | Yakıt Sarfiyatı | |
| 3 | | Fiyatı | Yağ Sarfiyatı | |
| 4 | | Fiyatı | Güvenilirlik | |
| 5 | | Fiyatı | Yedek parça fiyatı | |
| 6 | | Fiyatı | Servis ve YP. İmkanları | |
| 7 | | Fiyatı. | Overhol zamanı | |
| 8 | | Fiyatı | Montaj-Garanti İmkanları | |
| 9 | | Fiyatı | Boyutsal | |
| 10 | | Fiyatı | Verim | |
| 11 | | Fiyatı | Karmaşıklık | |
| 12 | | Fiyatı | Operasyon Kolaylığı | |
| 13 | | Teknik Özellikler | Yakıt Sarfiyatı | |
| 14 | | Teknik Özellikler | Yağ Sarfiyatı | |
| 15 | | Teknik Özellikler | Güvenilirlik | |
| 16 | | Teknik Özellikler | Yedek parça fiyatı | |
| 17 | | Teknik Özellikler | Servis ve YP. İmkanları | |
| 18 | | Teknik Özellikler | Overhol zamanı | |
| 19 | | Teknik Özellikler | Montaj-Garanti İmkanları | |
| 20 | | Teknik Özellikler | Boyutsal | |
| 21 | | Teknik Özellikler | Verim | |
| 22 | | Teknik Özellikler | Karmaşıklık | |
| 23 | | Teknik Özellikler | Operasyon Kolaylığı | |
| 24 | | Yakıt Sarfiyatı | Yağ Sarfiyatı | |
| 25 | | Yakıt Sarfiyatı | Güvenilirlik | |
| 26 | | Yakıt Sarfiyatı | Yedek parça fiyatı | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 27 | | Yakıt Sarfiyatı | Servis ve YP. İmkanları | |
| 28 | | Yakıt Sarfiyatı | Overhol zamanı | |
| 29 | | Yakıt Sarfiyatı | Montaj-Garanti İmkanları | |
| 30 | | Yakıt Sarfiyatı | Boyutsal | |
| 31 | | Yakıt Sarfiyatı | Verim | |
| 32 | | Yakıt Sarfiyatı | Karmaşıklık | |
| 33 | | Yakıt Sarfiyatı | Operasyon Kolaylığı | |
| 34 | | Yağ Sarfiyatı | Güvenilirlik | |
| 35 | | Yağ Sarfiyatı | Yedek parça fiyatı | |
| 36 | | Yağ Sarfiyatı | Servis ve YP. İmkanları | |
| 37 | | Yağ Sarfiyatı | Overhol zamanı | |
| 38 | | Yağ Sarfiyatı | Montaj-Garanti İmkanları | |
| 39 | | Yağ Sarfiyatı | Boyutsal | |
| 40 | | Yağ Sarfiyatı | Verim | |
| 41 | | Yağ Sarfiyatı | Karmaşıklık | |
| 42 | | Yağ Sarfiyatı | Operasyon Kolaylığı | |
| 43 | | Güvenilirlik | Yedek parça fiyatı | |
| 44 | | Güvenilirlik | Servis ve YP. İmkanları | |
| 45 | | Güvenilirlik | Overhol zamanı | |
| 46 | | Güvenilirlik | Montaj-Garanti İmkanları | |
| 47 | | Güvenilirlik | Boyutsal | |
| 48 | | Güvenilirlik | Verim | |
| 49 | | Güvenilirlik | Karmaşıklık | |
| 50 | | Güvenilirlik | Operasyon Kolaylığı | |
| 51 | | Yedek parça fiyatı | Servis ve YP. İmkanları | |
| 52 | | Yedek parça fiyatı | Overhol zamanı | |
| 53 | | Yedek parça fiyatı | Montaj-Garanti İmkanları | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 54 | | Yedek parça fiyatı | Boyutsal | |
| 55 | | Yedek parça fiyatı | Verim | |
| 56 | | Yedek parça fiyatı | Karmaşıklık | |
| 57 | | Yedek parça fiyatı | Operasyon Kolaylığı | |
| 58 | | Servis ve YP. İmkanları | Overhol zamanı | |
| 59 | | Servis ve YP. İmkanları | Montaj-Garanti İmkanları | |
| 60 | | Servis ve YP. İmkanları | Boyutsal | |
| 61 | | Servis ve YP. İmkanları | Verim | |
| 62 | | Servis ve YP. İmkanları | Karmaşıklık | |
| 63 | | Servis ve YP. İmkanları | Operasyon Kolaylığı | |
| 64 | | Overhol zamanı | Montaj-Garanti İmkanları | |
| 65 | | Overhol zamanı | Boyutsal | |
| 66 | | Overhol zamanı | Verim | |
| 67 | | Overhol zamanı | Karmaşıklık | |
| 68 | | Overhol zamanı | Operasyon Kolaylığı | |
| 69 | | Montaj-Garanti İmkanları | Boyutsal | |
| 70 | | Montaj-Garanti İmkanları | Verim | |
| 71 | | Montaj-Garanti İmkanları | Karmaşıklık | |
| 72 | | Montaj-Garanti İmkanları | Operasyon Kolaylığı | |
| 73 | | Boyutsal | Verim | |
| 74 | | Boyutsal | Karmaşıklık | |
| 75 | | Boyutsal | Operasyon Kolaylığı | |
| 76 | | Verim | Karmaşıklık | |
| 77 | | Verim | Operasyon Kolaylığı | |
| 78 | | Karmaşıklık | Operasyon Kolaylığı | |

Lütfen aşağıda modelleri yazılmış 2 stroklu ve 4 stroklu M.A.N. B&W 5S35MC ve 8L32/40 model makinaları karşılaştırınız.

Karşılaştırırken dikkat edilecek husus. her iki alternatifin değerlendirmesini aşağıda verilen ölçeğe göre yapmaktır.

1 Çok Kötü

3 Kötü

5 Orta

7 İyi

9 Çok iyi

Her iki makine ile ilgili teknik data Ek' te sunulmuştur.

**Tablo C.2:**

| | Kriterler | MAN B&W 5S35MC | MAN B&W 8L32/40 |
|---|---|---|---|
| 3 | Diğer Teknik Kriter. | | |
| 6 | Güvenilirlik | | |
| 9 | Yedek parça fiyatı | | |
| 10 | Servis ve yedek parça | | |
| 11 | Overhol zamanı | | |
| 12 | Montaj ve Garanti İm | | |
| 13 | Makine boyutu | | |
| 14 | Verim | | |
| 15 | Karmaşıklık | | |
| 16 | Operasyon kolaylığı | | |

# ÖZGEÇMİŞ

Serdar YARAŞ, 1973 yılında Aydın' da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladıktan sonra, 1990 yılında İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi inşaat Mühendisliği Bölümü' ne girmiştir. 1994 yılındaki mezuniyetinin ardından İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Ana Bilim Dalı' nda Yüksek Lisans Programı' na kaydolmuştur. Halen ayni bölümde kayıtlı bulunmaktadır.