

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MANEVRA VE SEVK SİSTEMİ SEÇİMİNDE
BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME**

100931

**Yüksek Lisans Tezi
Müh. Ayhan MENTEŞ
508950007011**

100931

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Haziran 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Haziran 2000**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ömer GÖREN

Doç. Dr. Muhittin SÖYLEMEZ

HAZİRAN 2000



Eşim Filiz' e

ÖNSÖZ

Bu çalışma da boğaz hattında çalışacak çift başlı yolcu ferileri için, uygun sevk ve manevra sistemi seçimi, bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın daha sonra yapılacak çalışmalara faydasının olması benim için büyük bir gurur vesilesi olacaktır.

Çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen kendileriyle çalışmaktan büyük zevk duyduğum sayın hocam Prof. Dr. A. Yücel Odabaşı' na teşekkürü bir borç bilirim.

Her fırsatta tecrübesi, bilgisi ve yol göstericiliğiyle bana destek olan, motive eden, bana ağabeylik yapan, değerli insan Yük. Müh. İ. Aykut Ölçer' e sonsuz teşekkür ederim.

Araştırma görevlisi olarak göreve başladığım gün tanıştığım, her konuda bana destek olan, yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyen, sıkıntı ve sevinçlerimi paylaşan, her an yanımda olan fedakar arkadaşım, sevgili dostum Yük. Müh. D. Bülent Danışman' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çok kısa bir süre önce tanışmış olmamıza rağmen arkadaşlığı ve dostluğuyla beni mutlu eden, Birsal Liman' a da vermiş olduğu destekten dolayı sonsuz teşekkürleri bir borç bilirim.

Son olarak, bugünlere gelebilmemde maddi ve manevi desteklerini hiç bir zaman eksik etmeyen aileme teşekkür ederim. Her zaman yanımda ve kalbimde olan; zekası, güzelliği, başarılarıyla gurur duyduğum arkadaşım, sırdaşım, dostum biricik eşim Filiz Menteş' e de, eş olarak beni seçtiği için teşekkür ederim.

Ayhan MENTEŞ

05.06.2000

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	3
2.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	4
2.2. KRİTER TÜRETME, VERİ, AĞIRLIK.....	4
2.2.1. Kriter Türetme.....	5
2.2.2. Veri Çeşitleri	6
2.2.3. Kriter Ağırlıklandırma	7
2.2.4. Kriter Çeşitleri.....	8
2.2.5. Kriter Oranlarının Normalizasyonu	8
2.3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ.....	9
2.3.1. Tamamlayıcı Olmayan Yöntemler (Noncompensatory Methods).....	9
2.3.2. Puanlama Yöntemleri (Scoring Methods).....	11
2.3.3. TOPSIS	15
2.3.4. ELECTRE	18
2.3.5. Medyan Sıralama Yöntemi (Median Ranking Method).....	21
2.3.6. AHP : Hiyerarşik SAW Yöntemi.....	22
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE BULANIK MANTIK	27
3.1. ÜYELİK FONKSİYONU.....	29
3.2. BULANIK SAYILAR.....	30
3.3. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ.....	31
3.3.1. Oran Alternatifleri.....	31
3.3.2. Alternatiflerin Sıralanması	43
4. YÖNTEMLER.....	45
4.1. YAGER' İN YÖNTEMİ.....	45
4.1.1. Giriş.....	45
4.1.2. Yager' in Yaklaşımı	46
4.2. CHEN' İN YÖNTEMİ.....	48
4.2.1. Sözel Terimlerin Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi	48

4.2.2. Bulanık Sayıları Sayısal Puanlara Dönüştürmek	52
4.2.3. Algoritma	54
5. UYGULAMA	58
5.1. YAGER'İN YÖNTEMİ.....	62
5.2. CHEN'İN YÖNTEMİ.....	65
5.2.1. TOPSIS Metoduna Göre.....	68
5.2.2. SAW Metoduna Göre:.....	70
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	72
KAYNAKLAR	74
EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ	79

KISALTMALAR

MADM	: Çok Kriterli Karar Verme
FMADM	: Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
DM	: Karar verici
T.D.İ:	: Türkiye Denizcilik İşletmeleri
ARGE	: Araştırma ve Geliştirme Grubu
R&D	: Research and Development Group



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Avcı Uçağı Seçimi için Veriler	13
Tablo 2.2 Dernek ödülü için başvuran öğrencilerin genel özellikleri	17
Tablo 2.3 Saaty karar ölçeği	24
Tablo 3.1 Bulanık mantığın geçirdiği önemli aşamalar	27
Tablo 3.2 Bulanık mantığın bazı uygulama alanları	28
Tablo 3.3 FMADM Problemlerinin Faz I Çözüm Yaklaşımları	32
Tablo 3.4 Saaty karar ölçeği	34
Tablo 4.1 Sistem içinde kullanılan Sözel Terimlerin Özeti	51
Tablo 4.2 Evrendeki bazı sözel kelime çiftleri	52
Tablo 4.3 Tisza Nehir Yatağı problemi	55
Tablo 5.1 Karar Matrisi	61
Tablo 5.2 Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları	61
Tablo 5.3 Sözel Ölçek	64
Tablo 5.4 Hesaplanan Sözel Değişkenlere Karşı Gelen Bulanık Sayılar	66
Tablo 5.5 Bulanık Sayılara Karşılık Gelen Sayısal Puanlar	68

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması	4
Şekil 2.2 Hiyerarşik kriter ağacı	5
Şekil 2.3 Fabrika yer seçiminde kriter hiyerarşi ağacı	6
Şekil 2.4 Avcı uçağı seçimi hiyerarşi ağacı	12
Şekil 2.5 İki boyutlu uzayda pozitif ideal-negatif ideal çözümlere Öklit Mesafeleri	15
Şekil 2.6 Sekiz alternatif için üstünlük ilişkisi diyagramı	19
Şekil 2.7 Kernel	20
Şekil 2.8 Kariyer seçimi için hiyerarşi	23
Şekil 3.1 Yaş gruplarının kümelendirilmesi (kesin kümeler)	29
Şekil 3.2 Üçgensel Bulanık Sayı	30
Şekil 3.3 Yamuksal Bulanık Sayı	31
Şekil 3.4 Saaty hiyerarşi örneği.	34
Şekil 3.5 Zarf ile genişletilmiş sonuç	41
Şekil 3.6 Orta noktaların ihmal edilmesiyle elde edilmiş zarf	42
Şekil 4.1 Ölçek 1	49
Şekil 4.2 Ölçek 2	49
Şekil 4.3 Ölçek 3	49
Şekil 4.4 Ölçek 4	49
Şekil 4.5 Ölçek 5	50
Şekil 4.6 Ölçek 6	50
Şekil 4.7 Ölçek 7	50
Şekil 4.8 Ölçek 8	50
Şekil 4.9 Dönüşüm Ölçeği	53
Şekil 5.1 Sabit Hatveli Pervane ve Vec-Twin Özel Dümen (2x1)	58
Şekil 5.2 Dönebilir İticiler (2x2)	58
Şekil 5.3 Sikloidal Pervane (2x1)	58
Şekil 5.4 Karar Hiyerarşisi	60
Şekil 5.5 Kriter Ağırlıkları	63
Şekil 5.6 Yager Yöntemine Göre Alternatif Sıralaması	65
Şekil 5.7 Ölçek1	65
Şekil 5.8 Ölçek3	66
Şekil 5.9 Ölçek1	66
Şekil 5.10 Chen Yöntemine Göre Alternatif Sıralaması	69

1. SEMBOL LİSTESİ

a_{jk}	: Karar matrisindeki ağırlık oranları
A_i	: Alternatifler
A^-	: Negatif ideal çözüm
A^+	: Pozitif ideal çözüm
C_i^+	: Pozitif ideal çözüme olan benzerlik değeri
C_j	: C kümesindeki kriterler, bulanık belirsizlikler
d_{ij}	: Anlaşmazlık belirteci
D	: Bulanık küme
G_i	: Bulanık amaç
M	: Bulanık sayı
n	: Kriter sayısı
r_{ij}	: Normalize edilmiş kriter değerleri
R	: İkili karşılaştırma matrisi
S_i^+	: Pozitif ideal çözümden uzaklık
S_i^-	: Negatif ideal çözümden uzaklık
S_{ij}	: A_i alternatifinin i ' inci kritere göre kriter içi değer sırası
U	: Normalize edilmiş özvektör
x_j^-	: j ' inci sütundaki minimum kriter değeri
X^*	: Optimum karar
X_j	: Kriterler
x_j^+	: j ' inci sütundaki maksimum kriter değeri
V_i	: Değer fonksiyonu
w_i	: Kriter ağırlığı
α	: Üstel ağırlık fonksiyonu
λ_{max}	: Maksimum özdeğer
μ	: Üyelik fonksiyonu
$\mu_R(M)$	: M ' in sağ puanı
$\mu_L(M)$	: M ' in sol puanı
$\mu_T(M)$	: M ' in toplam puanı
$\mu_G(x)$	: Bulanık amacın dahil olma fonksiyonu

ÖZET

Bu çalışmada boğaz hattında çalışacak çift başlı yolcu ferileri için uygun sevk ve manevra sistemi seçiminde sistematik bir karar verme algoritması geliştirilmeye çalışılmıştır. Başlangıçta problemin tanımı ve analizi yapılarak işe başlanmıştır. Çözüm için Çok Kriterli Karar Verme ve Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri incelenerek, probleme uygun yöntem araştırması yapılmış ve eldeki verilere göre uygun yöntem tespit edilmiştir.

İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi ARGE grubunun 1992 yılında Türkiye Denizcilik İşletmeleri (TDİ) için yaptığı projenin verileri bu çalışmada esas alınmıştır. Bu projede ön plana çıkan üç alternatif (sabit hatveli pervane ve vec-twin dümen, dönebilir iticiler ve sikloidal pervane) kullanılmıştır. Uygun sevk ve manevra sisteminin seçiminde bir anket hazırlanarak uzman grubuna sorulmuş, elde edilen yanıtlar ile de kriterler belirlenip karar matrisi oluşturulmuştur.

Karar matrisinde elde edilen değerler bulanık veya sözel olduğu için çözüm yöntemleri olarak bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmak zorunluluk haline gelmiştir. Mevcut problem çözümü için Yager ve Chen'in bulanık çok kriterli karar verme (FMADM) yöntemleri kullanılmıştır. Yager yönteminde kriterlerin ikili karşılaştırması kriter ağırlıkları tespiti ve üstel ağırlık tekniğini kullanmıştır. Chen ise yönteminde problemin çözümünde bulanık verilerin sayısal verilere dönüşmesini sağlayan bir dönüşüm ölçeği ve klasik çok kriterli karar verme (MADM) yöntemlerini kullanmıştır. Chen' in dönüşüm ölçeği sözel verileri içeren üçgensel ve yamuksal grafiklerden oluşmaktadır. Bu dönüşüm ölçeği literatürde pek çok çalışmada yer almıştır.

Bu iki yöntemin genel özelliği; kullanımlarının kolay, sonuçların güvenilir ve fazla matematiksel işlemlere de ihtiyaç duyulmamasıdır.

Bu çalışmada Yager' in yönteminde özdeğer ve özvektör hesabıyla elde edilen kriter ağırlıkları Chen' in yönteminde de aynı şekilde kullanılmıştır. Böylece iki yöntemle de elde edilen sonuçlar arasında bir ilişki kurmak mümkün olmuştur.

Tüm hesaplamalar yapıldıktan sonra sonuçlar grafikler halinde verilmiş ve iki yöntem arasında karşılaştırma olanağı sağlanmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda Yager' in yaklaşımının Chen' in yaklaşımına göre daha hızlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

FUZZY MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING IN SELECTING OF MANEUVERING AND PROPULSION SYSTEMS

SUMMARY

In this study to select an appropriate propulsion and maneuvering system for double ended passenger ferries, a decision-making procedure is developed. At the beginning, the study is started by analyzing and defining the problem. For solution, multi attribute decision making and fuzzy multi attribute decision-making methods are examined, appropriate method for the problem is examined and most appropriate method is determined.

Data of project which is done for T.D.İ. by I.T.U. Naval Architecture and Ocean Engineering Faculty R&D is assumed to be a base for this study. The three alternatives (conventional propeller with and high lift rudder, Z drive and cycloidal propeller) which are come to the fore are used in this study. To select appropriate propulsion and maneuvering system a questionnaire is applied to a group of expert and by the answers obtained, attributes are defined and decision matrix structured.

Since the values obtained in the decision matrix are fuzzy or linguistic, as solution methods, using multi attribute decision-making methods become indispensability.

Yager and Chen's FMADM methods are followed in this study. Yager used techniques of paired comparison of attributes, defining weights of attributes and exponential conversion weighting in his method. Chen used a scale to convert fuzzy values to numerical values and classical multi attribute decision-making methods in his study. Chen's conversion scale is formed by triangular and trapezoidal graphs, which contains linguistic values.

General properties of these two methods are ease of use, reliability in results and no need to use more complex mathematical manipulations.

In this study, attribute weights which is obtained by eigenvalues and eigenvector calculation in Yager's method is used by the similar way in Chen's method. So it is possible to make a comparison between results that is obtained by both methods.

After all the calculation is finished, graphs are used to compare the results of both methods. According to calculation it was observed that Yager's approach is faster than Chen's approach.

1. GİRİŞ

Endüstride pek çok işlem sürecinde etkin karar verme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Verilmesi gerekli olan bu kararlar otomobil seçiminden bir fabrikanın yer seçimine kadar pek çok çeşitte olabilmektedir. Karar verici (DM), şimdiye kadar geliştirilmiş olan pek çok karar algoritmasını kullanarak ya da geliştirerek üretimin her aşamasında mevcut alternatifler arasından doğru seçimler yapabilmek için etkin kararlar vermek zorundadır.

Son yıllarda bu konunun önemi fark edilmiş ve pek çok bilim adamı bu konuda çalışmaya yönelmiştir. Karar verme algoritmaları üzerine yapılan literatürdeki son çalışmaların genel eğilimi çok öz nitelikli karar verme (MADM) ve çok amaçlı karar verme (MODM) yöntemleri üzerinedir. Çok öz nitelikli karar verme eldeki çoklu ve çelişen kriterlerle tanımlanan alternatifler arasında tercih yapılması esasına dayanır. Çok amaçlı karar verme ise çok öz nitelikli karar vermeden farklı olarak birbirleriyle çelişen amaçlar kümesiyle en iyi alternatifi dizayn etmeye çalışır. Bir problemin çözümünde kullanılan karar matrisindeki oranların sözel veya bulanık olduğu durumlarda mevcut MADM yöntemleri yetersiz kaldığı için bulanık çok öz nitelikli karar verme (FMADM) yöntemleri geliştirilmiştir.

Pek çok endüstri alanında olduğu gibi büyük bir endüstri kolu olan gemi inşaatında da karar verme sürecinin önemi gittikçe daha iyi bir şekilde anlaşılmaktadır. Örneğin makina dairesi yerleşimi seçiminden, navigasyon, sevk, vinç sistemi , ambar kapakları dizaynı seçimine kadar pek çok uygulama alanı bulunabilir. Bu çalışmada ise manevra ve sevk sistemi seçimi için eldeki verilerin sözel veya bulanık olmasına dayalı olan FMADM yöntemleri kullanılmıştır. Üzerinde durulan FMADM yöntemleri Yager [1] ve Chen [2]'in yaklaşımlarına dayalıdır. Her iki yaklaşım için bir prosedür geliştirilmiş ve manevra ve sevk sistemi için uygulanmıştır. Bu çalışma aynı zamanda bu iki yaklaşımın karşılaştırmasını da içermektedir.

Bu tezde yapılan çalışmalar řu şekilde sıralanabilir:

İkinci bölümde; çok Kriterli Karar Verme konusunda literatürdeki temel kavramlar ve yöntemler hakkında bilgi verilip, bazı önemli yöntemler örneklerle açıklanmaya çalışılmıştır.

nc bölümde; Bulanık ok Kriterli Karar Vermenin nemi, uygulama alanları ve yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde; boğaz hattında çalışacak çift başlı yolcu ferileri için sevk ve manevra sistemi seçimi için uygun görülen yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde; uygulama konusu tanıtılıp; amaç-kriter hiyerarşisi ve karar matrisi oluşturulup, FMADM yöntemlerinden Yager ve Chen' in yöntemlerine uygulanmıştır.

Altıncı bölümde; elde edilen sonuçlar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar konusunda görüş bildirilmiştir.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Karar verme; belirli bir problemi çözmek ve istenilen amaca ulaşmak için, birtakım ölçütler ışığında, mevcut tüm seçenekler arasından bir ya da birkaçını seçme işlemidir.

Çok özellikli karar vermede literatürde çok sık geçen bazı temel kavramlar vardır. Bunlar; alternatifler (alternatives), kriterler (criteria), öz nitelikler (attributes), amaçlar (objectives), hedefler (goals), karar matrisi (decision matrix) olarak sıralanabilir.

Alternatifler (alternatives): Bir problemdeki tercih seçenekleridir. Ele alınan problemde yerine göre birkaç, yerine göre binlerce alternatif mevcuttur. Bunlar elenir, seçilir ve sıralanırlar.

Kriter ve öz nitelik (criteria and attribute): Literatürde kriter ve öz nitelik kavramı ufak tefek farklar olsa da sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılır. Öz nitelikler kriterlerin temel alt gruplarıdır. Bu çalışmada da bu iki terim kriter olarak kullanılacaktır. Kriterler; alternatiflerin temel özellikleri, kaliteleri veya verimlilik parametreleri olarak tanımlanır ve karar vericinin değer yargılarına bağlı olarak, tanımlanıp ölçümlenirler. Kısaca söylemek gerekirse, kriterler hem objektif hem subjektif olabilmektedir.

Amaçlar (objectives): Kriterlerin, karar vericinin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir.

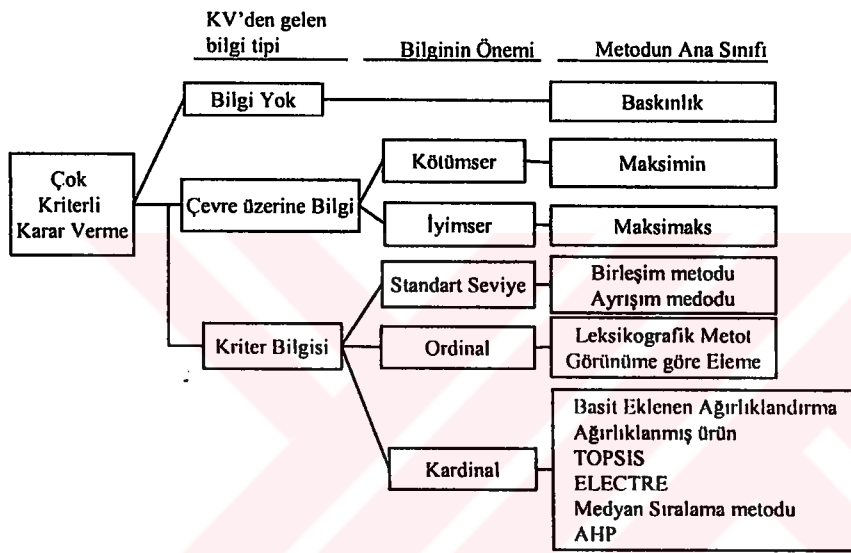
Hedefler (goals): Amaçların daha da somutlaşarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleridir.

Karar Matrisi (decision matrix): Bir MADM problemi matris formunda ifade edilebilir. Karar matrisindeki satırlar birbirleriyle rekabet halinde olan alternatifleri, sütunlar ise alternatiflerin değerlendirileceği kriterleri ifade eder. Bu nedenle bir matrisin X_{ij}

elemanı, i ' inci alternatifin (A_i), j ' inci kritere (X_j) göre performans oranı olarak verilir.

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Hwang ve Yoon [3], DM 'dan alınan bilginin tipi ve göze çarpan özelliklerini dikkate alarak 17 MADM metodu sınıflandırmışlardır. Şekil 2.1. 'de değiştirilmiş olarak 13 metodun sınıflandırması görülmektedir.



Şekil 2.1 Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması

MADM yöntemleri, değişik kriterlerle tanımlanmış, birbirleriyle yarışma halindeki alternatifler arasında, bir karar verme amacını taşıyan yöntemlerdir. MADM yöntemleri konusundaki ilk çalışmalar MacCrimmon [4] tarafından yapılmış, daha sonra işletme bilimleri, ekonomi, meteoroloji, pazar araştırması, uygulamalı istatistik ve karar teorisi gibi değişik alanlarda araştırmacılar tarafından bu yöntemler geliştirilmiştir.

2.2. Kriter Türetme, Veri, Ağırlık

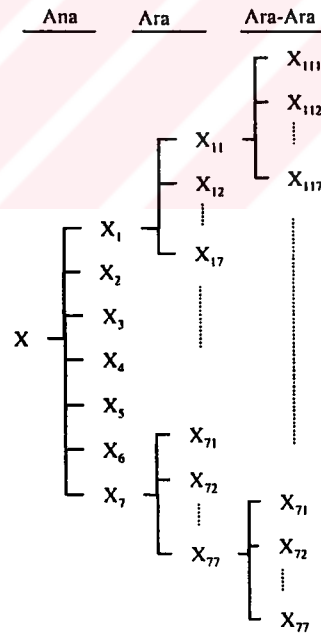
MADM yöntemleri, rekabet halindeki alternatifler arasından bir çözüme ulaşmak için, farklı boyutlara sahip verilerden anlamlı indeks bulmaya çalışır. Bir problemin analizinde, ilgili amaçlara ulaşabilmek için ilk adım olarak kriter türetilmeye çalışılır.

Genel olarak her kriter karar verici için eşit derecede öneme sahip olmayabilir. Bu yüzden kriterler arasında bir ağırlık dağılımı oluşturmak DM için çok önemlidir.

2.2.1. Kriter Türetme

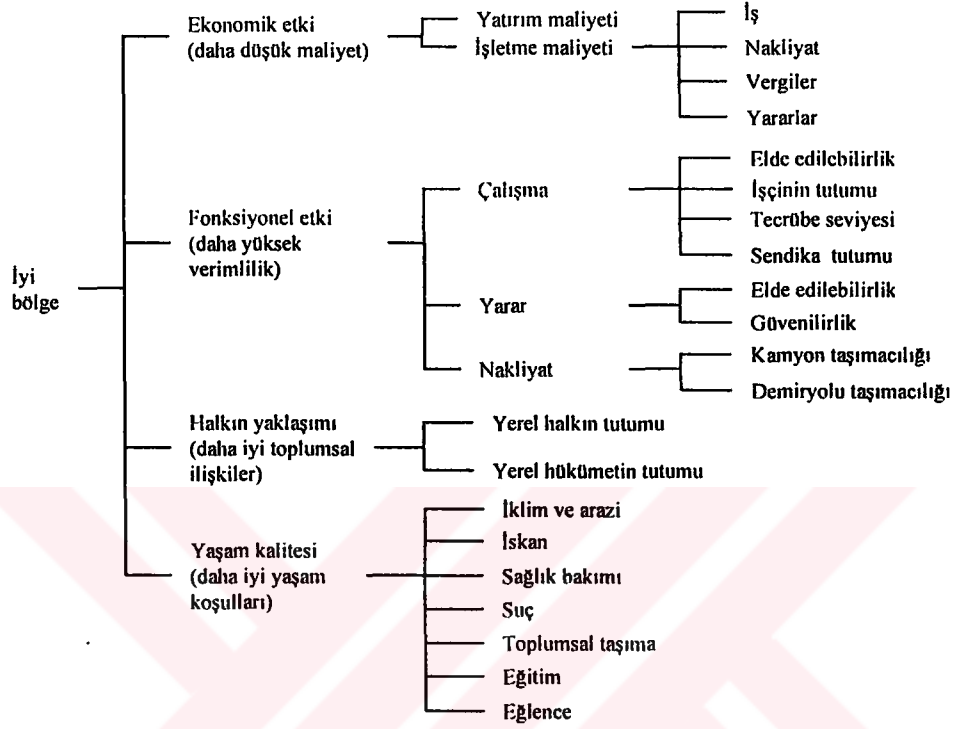
MADM analizinde, bir problemin çözümüne ulaşabilmek için, ilk basamak kriter türetmedir. Keeney ve Raiffa [5], kaynak araştırması ya da bir forumda uzmanların görüşünü alarak kriter türetmeyi önermişlerdir. İlk yapılması gerekli olan bir ana hedef tespit etmektir. Daha sonra bu hedefe uygun olarak alt kriterler belirlenir. Bu işlem yapılırken dikkat edilecek en önemli nokta, kriterlerin birbirinden bağımsız olması gereğidir.

Şekil 2.2 'de hiyerarşik kriter ağacı görülmektedir. Burada 350 kriter hiyerarşik bir şekilde türetilmiştir. Ana ve alt kriterler yedi sayısı ile sınırlandırılmış olup bu Miller [6] kuramıdır. [6]' a göre bir gözlemcinin nesnel yaklaşımla verebileceği kriter sayısı iki eksiği ve fazlasıyla yedidir.



Şekil 2.2 Hiyerarşik kriter ağacı

Hiyerarşik kriter ağacını daha iyi anlayabilmek için, bir örnek model (fabrika yer seçimi) Şekil 2.3' de verilmiştir. Burada dört seviye mevcuttur. İlk seviye amaç, diğer seviyeler ise bu amaca göre türetilmiş kriterlerdir.



Şekil 2.3 Fabrika yer seçiminde kriter hiyerarşi ağacı

2.2.2. Veri Çeşitleri

Verileri nominal, ordinal, aralıklı değişken ve sayısal veriler diye ayırabiliriz. İstatiksel işlemlere uygunluk açısından en uygun veriler sayısal, en az uygun veriler ise nominal verilerdir.

Nominal veriler: Sıralamaları belli bir yönde hareketi belirtmeyen verilerdir. Örnek olarak cinsiyet değişimlerini verecek olursak; belli bir yönde 1.erkek 2.kadın diye bir artma ya da azalma söz konusu olamaz. Bu tür verilerin ortalaması alınamaz, frekans dağılımı yapılabilir ve çapraz tablo kullanılır.

Ordinal veriler: Sıralamanın belli bir anlamı vardır ama aradaki mesafenin belli bir önemi yoktur. Örneğin; 1.kötü 2.orta 3. iyi gibi.

Aralıklı değişken veriler: Likert ölçeği ile sayısallaştırılırlar. Bu tür verilerle tüm istatistiksel işlemler yapılabilmektedir.

Sayısal veriler: Araştırmalarda en az karşılaşılan, buna karşın uygulama koşulları en iyi olan veri tipleridir.

2.2.3. Kriter Ağırlıklandırma

Kriter ağırlığı, kriterlerin birbirlerine göre önem sırası olarak tanımlanabilir. DM' ya göre tüm kriterler eşit öneme sahip olmayabilir. Ağırlıkların tayini MADM yöntemlerinde önemli bir rol teşkil eder ve DM' dan DM' a değişebilir. İki tip ağırlık dağılımı elde etmek mümkündür.

2.2.3.1. Sıralama Yoluyla Ağırlıkların Elde Edilmesi

Ağırlık tayininde en basit yol, kriterleri önem sırasına göre dizmektir. Buna göre, en önemli kriter başa, en önemsizi de sona gelecek şekilde bir sıralama yapılır. En önemli kriteri 1 olacak şekilde en az önemli kritere kadar ve n (eldeki kriter sayısı) için sayısal ağırlıklar Stillwell, Seaver ve Edwards [7]' a göre aşağıdaki formüllerden elde edilebilir.

$$w_j = \frac{\frac{1}{r_j}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{r_k}} \quad (2.1)$$

$$w_j = \frac{(n - r_j + 1)}{\sum_{k=1}^n (n - r_k + 1)} \quad (2.2)$$

Bu formüllerde r_j , j' inci kriterin sıralamadaki yeridir. İlk formülden elde edilen sıralama ağırlığına “karşılıklı ağırlıklar”, ikinci formülden elde edilen ağırlığa da “toplam ağırlıklar” denir.

Bu formülleri kullanırken dikkat edilecek birtakım ölçütler: Aynı önem sırasına sahip kriterler mevcut ise, bulundukları yerdeki kriterlerin ortalaması alınarak kriterlerin önem sırası hesaplanır. Aynı anda bir çok kriter mevcut ise bunlar arasında bir sıralama

yapmak çok zordur. Bunun da önüne geçmek için Morris [8]'in önerdiği ikili karşılaştırma yöntemi kullanılır.

2.2.3.2. Oran ağırlıklandırma (Özdeğer Yöntemi)

Bu teknik, iki kriterin, birbirlerine göre önem oranlarını bularak ağırlık dağılımını elde etmeye çalışır. “Bir kriter, başka bir kritere göre kaç kez önemlidir?” sorusuna cevap aranır. n kriter arasında bir karşılaştırma yapabilmek için (n-1) adet ikili karşılaştırmaya ihtiyaç duyulur. $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırma verisini içeren Saaty [9]'nin özdeğer yöntemi şu adımlardan oluşur:

Adım 1. Giriş Kodlaması: DM, kriterler arasında $n(n-1)/2$ adet önem (ağırlık) oranı tespit eder. Bu bilgi, (nxn) elemanlı bir a_{jk} matrisinin üst ya da alt üçgeni için düzenlenir. Burada $a_{jk} = w_j / w_k$ olup j' inci satır ve k' inci sütundaki ağırlık oranıdır.

Adım2.Hesaplama: (nxn) elemanlı matrisin her satırının geometrik ortalaması alınır. Bulunan değerler normalize edilir.

2.2.4. Kriter Çeşitleri

DM tarafından kullanılan pek çok tipte kriter mevcuttur. Burada, bu çalışmada sıklıkla kullanılan iki tip kritere değinmek yeterli görülmüştür.

Yarar Kriterleri: Bu tip kriterlerin en önemli özelliği; değerleri arttıkça tercih edilebilirliğinin de artmasıdır. Bu tip kriterlere örnek olarak “teknoloji” verilebilir.

Maliyet Tipi Kriterler: Yarar tipi kriterlerin aksine; değerleri arttıkça tercih edilirliliği azalan kriterlerdir. Örneğin “maliyet” bu tip bir kriterdir.

2.2.5. Kriter Oranlarının Normalizasyonu

Karar matrisindeki farklı ölçüm birimlerinden dolayı ortaya çıkan hesapsal zorlukları yenebilmek için normalize edilmeleri gerekir. Normalizasyonun amacı, kriterler arasında karşılaştırma yapabilmek için, değerlerin boyutsuz hale dönüştürülmesidir.

Lineer Normalizasyon: Bu yöntemde kriterlerin değerleri, içlerindeki maksimum kriter değerine bölünmesiyle elde edilir. x_{ij} 'nin normalize edilmiş değeri;

$$r_{ij} = x_{ij} / x_j^*, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (2.3)$$

Burada x_j^* , j' inci kriterin maksimum değeridir. r_{ij} 'in değeri [0,1] aralığındadır. Yarar tipi kriterler için değeri 1' e yaklaştıkça tercih edilebilirliği artar.

Vektör Normalizasyonu: Her kriterin değeri, o kriterin normuna bölünmek suretiyle normalize işlemi yapılır. x_{ij} 'nin normalize değeri;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (2.4)$$

Yukarıdaki normalizasyon denklemleri yarar tipi kriterler içindir. Maliyet tipi kriterler için x_{ij} değerlerinin tersi alınarak $(1/x_{ij})$ yukarıdaki denklemlerde yerine konulur ve böylece yarar tipi kritere dönüşmüş olur. Lineer normalizasyon maliyet kriterleri için farklı bir yöntemle hesaplanır. Bu;

$$r_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\max_k \{1/x_{kj}\}} = \frac{1/x_{ij}}{1/\min_k \{x_{kj}\}} = \frac{\min_k \{x_{kj}\}}{x_{ij}} = \frac{\bar{x}_j}{x_{ij}} \quad (2.5)$$

Burada görüldüğü gibi $\bar{x}_j$, j' inci kriterin minimum değeridir.

2.3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

2.3.1. (Noncompensatory Methods)

Bir tamamlayıcı olma ya da olmama farkı, bir kriterin avantajlarıyla, dezavantajlarının değiş tokuş edilebilirliği dikkate alınarak yapılır. Eğer bir kriterin değerleri kendi aralarında değiştirilebiliyorsa "Tamamlayıcı", değilse "Tamamlayıcı Olmayan" dır.

2.3.1.1. Baskınlık (Dominans)

Kriterler birbirleriyle çelişki içinde bulunabilirler. Bir alternatifte, mevcut kriterlerden biri üzerinde yapılacak pozitif yöndeki bir değişim, diğer kriter ya da kriterlerin değerlerini negatif yöne kaydırabilir. Ancak diğer alternatiflerdeki yapılacak farklı değişimler ile de piyasadaki farklı seçicilere hitap edilebilmektedir.

Bir alternatif başka bir alternatif tarafından bir ya da daha fazla kriter açısından geçiliyorsa o alternatife bastırılmış (dominated), kıyaslanan kriterler açısından hiç geride kalmıyorsa bastırılmamış (nondominated) denir. Bastırılmamış alternatifler seti ikili karşılaştırmalar ile elde edilir. Eğer alternatiflerden biri diğerine baskınlık sağlıyorsa, baskınlık sağlanan atılır. Bu şekilde devam eden işlemler sonunda bastırılmamış alternatifler seti elde edilir.

2.3.1.2. Tatmin Yöntemleri (Satisficing Methods)

İki tip tatmin yöntemi vardır: Birleşim (Conjunctive) ve Ayrışım (Disjunctive) Yöntemleri. Bu yöntemler alternatifleri seçmek için kullanılmazlar, sadece kabul edilebilir ya da edilemez diye sınıflandırma yoluna giderler. Her alternatif minimum gereksinimleri sağladığı sürece kabul edilebilir.

2.3.1.3. Sıralı Erişimli Eleme Yöntemleri (Sequential Elimination Methods)

Alternatifleri sıralı erişimli olarak elemek için iki yöntem vardır: Leksikografik (Lexicographic) ve Görünüme Göre Eleme (Elimination by Aspects) yöntemleri. Her iki yöntemde de alternatiflerin elenebilmesi için önce bir tek kriter kullanılır. Alternatifler incelenir ve hala alternatifler mevcut ise bu işlem tek bir alternatif kalana kadar devam eder. Leksikografik yöntem kriterlerin önem sırasına göre alternatifleri elerken, Görünüme Göre Eleme yöntemi, en çok alternatifini eleyebilecek kriterleri sıra ile kullanarak eleme işlemini gerçekleştirir.

2.3.1.4. Davranışa Yönelik Yöntemler (Attitude Oriented Methods)

DM' in karar çevresi hakkındaki tavrını temel alan iki yöntem vardır: Maksimin ve Maksimaks Yöntemleri. DM, çevre hakkında olumsuz bir kanıya sahipse Maksimin

Yöntemi, olumlu bir kanıya sahipse Maksimaks Yöntemi kullanılır. Maksimin Yönteminde en kötü kriter alınarak, alternatifler arasında bu kritere göre en iyi olan seçilir. Maksimaks yönteminde ise en iyi kriter için en iyi alternatif aranır.

2.3.2. Puanlama Yöntemleri (Scoring Methods)

MADM yöntemlerinde her alternatif çok elemanlı bir vektör olarak görülebilir. Bu vektörün uygun bir skalara dönüşümü MADM çözüm yaklaşımıdır. Daha sonra da en yüksek değere sahip alternatif seçilir.

2.3.2.1. Yalın Toplamsal Ağırlıklandırma Yöntemi (SAW – Simple Additive Weigting Method)

SAW yöntemi, en çok bilinen ve en geniş uygulama alanına sahip MADM yöntemlerden biridir. Bu yöntemin temel özellikleri;

- Tüm kriterler birbirinden bağımsızdır.
- Kriter ağırlığı, her kriterin değer fonksiyonundaki birim değişikliğin bağıl değerleri ile orantılıdır.
- Her kriterin katkılarının toplamı ile bir indeks oluşturulur.

SAW yönteminde kriter katkılarının toplama işlemini yapabilmek için verilerin aynı birime sahip olması gerekir. Eğer bunun aksi bir durum söz konusu ise normalizasyon işlemi yapılır. SAW yöntemi için genelde kullanılan normalizasyon işlemi, lineer normalizasyondur. Normalizasyon işleminden sonra, her alternatif için toplam puan; o alternatif için çeşitli kriterlerdeki normalize değerler ile, ağırlıkların çarpılıp, bulunan çarpım değerlerinin toplanması ile elde edilir. Bu ifadenin formülasyonu ise;

$$V(A_i) = V_i = \sum_{j=1}^n w_j v_j(x_{ij}), \quad i = 1, \dots, m \quad (2.6)$$

olarak yazılabilir. Burada; $V(A_i)$, A_i alternatifinin değer fonksiyonu, w_j , j ' inci kriterin ağırlığı, $v_j(x_{ij})$, x_j kriterinin değer fonksiyonudur.

A_i alternatifinin toplam puanı şu şekilde de ifade edilebilir:

$$V_i = \sum w_j r_{ij}, \quad i=1, \dots, m \quad (2.7)$$

Burada r_{ij} , x_{ij} 'nin karşılaştırılabilir (boyutsuz) değeridir.

Örnek. Hava Kuvvetleri için Avcı Uçağı Seçimi: Pasifik kıyılarında ki bir ülke Amerika Birleşik Devletlerinden avcı uçağı satın almak istemektedir. Bunun için beş alternatif mevcuttur. Çözüme ulaşabilmek için SAW yöntemi kullanılmıştır.

Başlangıç olarak Şekil 2.4 deki amaç-kriter hiyerarşi ağacı oluşturulmuştur.



Şekil 2.4 Avcı uçağı seçimi hiyerarşi ağacı

Burada amaç iyi uçak olup bu amaca ulaşmak için 10 hedef belirlenmiştir. Bu 10 kriter ve 5 alternatif ile oluşturulan karar matrisi Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tablo 2.1 Avcı Uçağı Seçimi için Veriler

Kriter	Ağırlık	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
Mekanik Performans						
Maksimum hız	0.20	2.0	2.0	2.5	2.0	1.8
Uçuş yüksekliği	0.04	60	50	60	50	50
Kalkış ağırlığı	0.04	23	20	18	20	21
Menzil	0.12	1.9	2.0	3.5	2.4	2.3
Kullanım						
Manevra kabiliyeti	0.09	7	8	8	9	9
Dayanıklılık	0.21	8	9	7	8	8
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	0.06	4.5	5.0	6.5	5.5	5.0
4.2 Operasyon kolaylığı	0.04	90	90	100	80	70

Karar matrisindeki değerler normalize edilirken yarar ve maliyet tipi kriterlerin nasıl normalize edildiğini bilmemiz gerekmektedir. Ayrıca SAW metodunda kullanılan normalizasyon tipi lineer normalizasyondur. Burada X₄₁ ve X₄₂ maliyet tipi kriterlerdir.

Normalize edilmiş karar matrisimiz;

x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₄₁	x ₄₂
0.80	1.00	1.00	1.00	0.78
0.80	0.83	0.87	0.90	0.78
1.00	1.00	0.78	0.69	0.70
0.80	0.83	0.87	0.82	0.88
0.72	0.83	0.91	0.90	1.00

Alternatiflerin ağırlıkları ise;

$$V(A_1) = \sum_{j=1}^{10} w_j r_{ij} = 0.2(.8) + 0.04(1.0) + \dots + 0.04(.78) = 0.8396$$

Benzer şekilde diğer alternatiflerin değerleri;

$$V(A_2) = 0.8274$$

$$V(A_3) = 0.8953$$

$$V(A_4) = 0.8400$$

$$V(A_5) = 0.8323$$

olarak bulunur. Buradan tercih sırası; $[A_3, A_4, A_1, A_5, A_2]$ olarak elde edilir.

2.3.2.2. Ağırlık Çarpımı Yöntemi (Weighted Product Method)

SAW yönteminde, karar matrisindeki veriler arasında bir toplama işlemi yapabilmek için, veriler aynı birimden değilse normalizasyon yapmak gerekli idi. Ağırlıklı çarpım yönteminde ise kriterler birbirleriyle çarpıldığı için normalizasyon işlemine gerek kalmamaktadır. Bu yöntem formüle edilirse;

$$V(A_i) = V_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2.8)$$

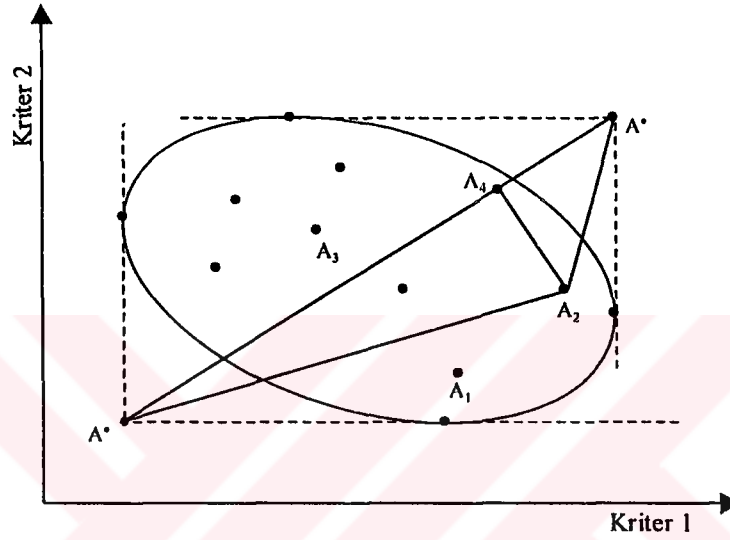
olmaktadır. Görüldüğü gibi, ağırlıklar ilgili oldukları kriterlerin üsleri olarak yazılmaktadır. Bu yöntem kullanılırken bazı kurallara dikkat etmek gerekmektedir. Bunlar;

Terimlerin üstel olmasından kaynaklanan sorun: ağırlık değerlerinin 1' den büyük olması gerekir. Birden küçük değerler, m gerekli herhangi bir sayı olmak üzere, 10^m ile çarpılarak 1' den büyük hale getirilir.

Yarar kriterlerinin ağırlıkları pozitif, maliyet kriterlerinin değeri negatiftir.

2.3.3. TOPSIS

Bir MADM probleminde m adet alternatif ve bu alternatiflerin çözümünde kullanılan n adet kriter, m noktalı ve n boyutlu bir uzay sistemi olarak düşünülebilir. Hwang ve Yoon [3] tarafından geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution) yöntemi seçilen alternatifin, pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak mesafede olmasını esas alır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 İki boyutlu uzayda pozitif ideal-negatif ideal çözümlere Öklit Mesafeleri

2.3.3.1. Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm

Bir ideal çözüm, bütün kriterler bir arada düşünüldüğünde, ideal seviyelerin (veya oranların) toplanması olarak düşünülebilir. Ancak, ideal çözüm genelde ulaşılamaz ya da tatbik edilemez bir çözüm olabilmektedir. Bu nedenle çözüme ulaşabilmek için, alternatifler arasından pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme ise en uzak olan alternatif ön plana çıkartılır.

Pozitif ideal çözüm;

$$A^+ = (x_1^*, \dots, x_j^*, \dots, x_n^*)$$

Burada x_j^* , tüm mevcut alternatifler arasında en iyi olanıdır.

Negatif ideal çözüm;

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

x_j^* , tüm mevcut alternatifler arasında en kötü olanıdır.

2.3.3.2. TOPSIS

TOPSIS Yönteminin aşamaları;

Karar matrisinin normalizasyonu: TOPSIS yönteminde, karar matrisinin normalizasyonu için, vektör normalizasyonu yapılır. Bunun için Denklem (2.4) kullanılır.

Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması: Alternatifin her kriterden aldığı değer o kriterin ağırlığı ile çarpılır.

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (2.9)$$

Pozitif ve negatif ideal çözümlerin bulunması: A^* ve A^- ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin elemanları arasından seçilir.

$$\begin{aligned} A^* &= \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \\ A^* &= \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \\ A^- &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \\ A^- &= \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Ayrım ölçümlerinin bulunması: Ayrım ölçüsü, pozitif ideal çözümden ya da negatif ideal çözümden olan uzaklığı ifade eder. Alternatifler arasındaki uzaklık Öklit bağıntısı ile hesaplanabilir.

Pozitif ideal çözümden olan uzaklık;

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2.11)$$

Benzer şekilde negatif ideal çözümden uzaklık;

$$S_i^- = \sqrt{\sum (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2.12)$$

Pozitif ideal çözüme olan benzerliğin hesabı:

$$C_i^* = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-), \quad i = 1, \dots, m. \quad (2.13)$$

Tercih edilme sırasının tespiti: En yüksek C_i^* değerine sahip olan alternatif seçilir. Ya da C_i^* 'in büyüklüğüne göre alternatifler arasında bir sıralama yapılır.

Örnek. Mezunlar Derneği Seçim Kararı. Bir sosyoloji bölümü, lisans programındaki uygulamalar içerisinde dernek ödülü alacak bir öğrenci seçmek istemektedir. Departmanın seçim kriterleri GRA, GPY, kolej notları, tavsiye notu ve fakülte mülakat notudur. Aşağıdaki Tablo 2.2' de dernek ödülü için başvuran öğrencilerin genel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.2 Dernek ödülü için başvuran öğrencilerin genel özellikleri

Başvuranlar	GRE	GPA	Koleje Notu	Tavsiye Notu	Mülakat Notu
Alfred	690	3.1	9	7	4
Beverly	590	3.9	7	6	10
Calvin	600	3.6	8	8	7
Diane	620	3.8	7	10	6
Edward	700	2.8	10	4	6
Fran	650	4.0	6	9	8

1.adım. Normalizasyon. Tablo 2.2' değerleri kullanılarak;

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
A	0.4381	0.3555	0.4623	0.3763	0.2306
B	0.3746	0.4472	0.3596	0.3226	0.5764
C	0.3809	0.4128	0.4109	0.4301	0.4035
D	0.3936	0.4357	0.3596	0.5376	0.3458
E	0.4444	0.3211	0.5137	0.2150	0.3458
F	0.4127	0.4587	0.3082	0.4838	0.4611

2.adım. Ağırlıklı normalizasyon.

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
A	0.1314	0.0711	0.0925	0.0564	0.0346
B	0.1124	0.0894	0.0719	0.0484	0.0865
C	0.1143	0.0826	0.0822	0.0645	0.0605
D	0.1181	0.0871	0.0719	0.0806	0.0519
E	0.1333	0.0642	0.1027	0.0323	0.0519
F	0.1238	0.0917	0.0616	0.0726	0.0692

3.adım. Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler.

$$A^* = (0.1333, 0.0917, 0.1027, 0.0806, 0.0865)$$

$$= (0.1124, 0.0642, 0.0616, 0.0323, 0.0346)$$

4.adım. ayırım ölçümleri. Denklem (2.11) ve (2.12) kullanılarak;

$$S^* = (0.0617, 0.0493, 0.0424, 0.0490, 0.0655, 0.0463)$$

$$S^- = (0.0441, 0.0608, 0.0498, 0.0575, 0.0493, 0.0609)$$

5.adım. Pozitif ideal çözüme benzerlik. Denklem (2.13) kullanılarak;

$$C^* = (0.4167, 0.05519, 0.5396, 0.5399, 0.4291, 0.5681)$$

6.adım. Tercih sırası sırasıyla; [F, B, D, C, E, A] olarak bulunur.

2.3.4. ELECTRE

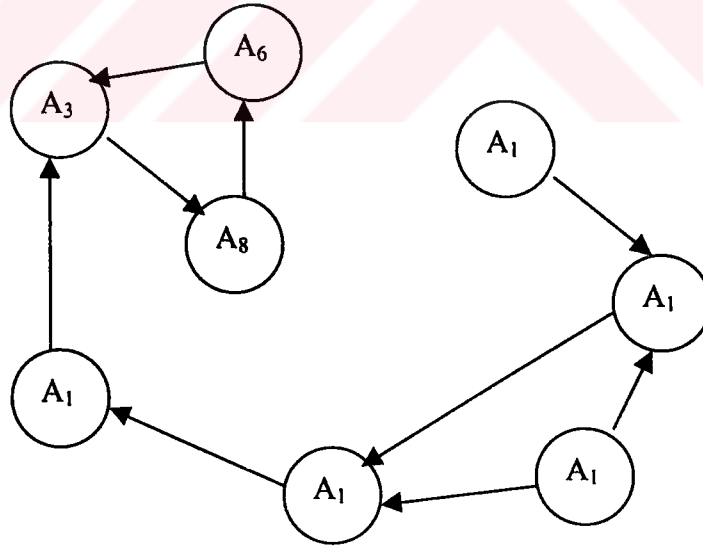
Bu yöntem, ilk kez Roy [10] tarafından 1960' lı yılların sonunda ortaya atılmıştır. O günden itibaren, Nijkamp ve Van Delft [11] ve Voogd [12] bu yöntemi günümüze kadar geliştirmişlerdir. Bu yöntem, tercih edilen ve edilmeyen alternatifler arasında üstünlük ilişkisi kurulmak suretiyle işler. Yöntemin temel taşları Üstünlük İlişkisi (Outranking Relationship) ve Kernel' dır. Bu yöntem Avrupa da, özellikle Fransızca konuşulan bölgelerde çok popülerdir.

Bu yöntemde üstünlük ilişkisinin kurulabilmesi için uyum ve uyumsuzluk indeksleri oluşturulur. Uyum ve uyumsuzluk indeksleri hangi alternatifin daha baskın olduğunun seçilmesini sağlayan tatmin ya da tatminsizliğin ölçüsüdür.

2.3.4.1. Üstünlük İlişkisi (Outranking Relationship)

A_p ve A_g gibi iki alternatif için, Üstünlük İlişkisi şu şekilde gösterilir: Eğer A_p , A_g 'ye üstünlük sağlamışsa ($A_p R A_g$) ya da ($A_p \rightarrow A_g$) olarak yazılır. Alternatiflerin birbirlerine üstünlük sağlayabilmeleri için mutlaka baskın olmaları gerekmez. ($A_p \rightarrow A_g$) ifadesi bize şunu söyler: Ne A_p ne de A_g diğerine baskındır ama, A_p 'nin A_g 'den daima iyi olduğu kabul edilerek belirli bir risk alınabilir. Tercih edilen ve edilmeyen alternatiflerin belirlenmesi için tüm alternatifler belirlenmesi için tüm alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır. Tüm karşılaştırmalar yapıldıktan sonra Baskınlık Diyagramı (Dominans Structure) çizilir.

Örnek olarak sekiz alternatif içeren bir sistem için baskınlık diyagramı Şekil 2.6 de gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Sekiz alternatif için üstünlük ilişkisi diyagramı

Bu şekilde her düğüm bir alternatif i, kullanılan ok işaretleri ise alternatiflerin ikili karşılaştırmalarını gösterir. Okun başlangıcı olan alternatif, okun işaret ettiği alternatif e “üstünlük sağlamış” olur. Bu şekil incelendiğinde: $(A_1 \rightarrow A_7)$, $(A_2 \rightarrow A_3)$, $(A_3 \rightarrow A_8)$, $(A_5 \rightarrow A_4)$, $(A_5 \rightarrow A_7)$, $(A_6 \rightarrow A_3)$, $(A_7 \rightarrow A_4)$ ve $(A_8 \rightarrow A_6)$ üstünlüklerinin sağlandığı görülür.

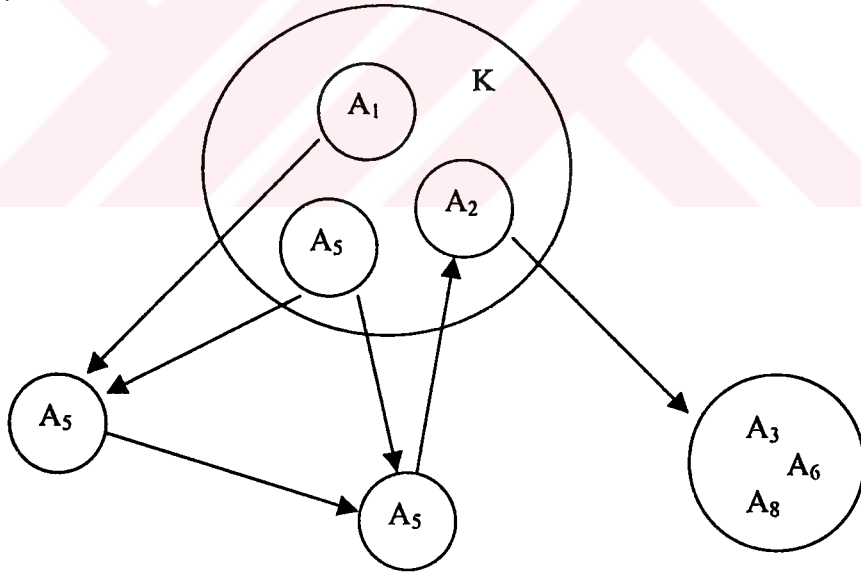
2.3.4.2. Kernel

Kernel, ELECTRE tarafından belirlenen tercih edilen alternatifler kümesidir. Bu kümelerin oluşturulabilmesi için üstünlük ilişkisi diyagramında;

Kernel içindeki hiçbir düğüme Kernel içindeki diğer bir düğüm üstünlük sağlamamalıdır.

Kernel dışındaki her düğüme Kernel içinde en az bir düğüm üstünlük sağlamalıdır.

Bu koşulları sağlayan Kernel, (Şekil 2.7)’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Kernel

2.3.5. Medyan Sıralama Yöntemi (Median Ranking Method)

MADM problemlerinde, DM tüm kriterlere eşit ağırlık verilirse, her alternatif için kriterlerin toplam ağırlıklarıyla, alternatif sıralaması yapılabilirdi. Ancak, ordinal sayılarda aritmetik işlemler yapmanın fiziki ortamda karşılığı olmadığı için bu yapılamaz. Bu nedenle başka bir yöntem kullanılmalıdır.

Eğer kriterlere göre en iyi alternatif bulunmak istenirse, her kriter değeri için farklı alternatifin ön plana çıktığı görülür. Bu kargaşanın önüne geçmek ve uygun bir sıralama yapabilmek için Cook ve Seiford [13] tarafından bir uzaklık fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu fonksiyon sıralamalar arasında bir anlaşma ve anlaşmazlık ölçüsüdür. Bir A_i alternatifi için anlaşmazlık belirteci;

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^n |S_{ij} - k| \quad (2.14)$$

formülüyle hesaplanabilir. Burada S_{ij} , A_i alternatifin j ' inci kriterine göre kriter içi sırasıdır. Bu hesaplamalar ile uzaklık matrisi elde edilir. Daha sonra "Macar Algoritması" kullanılır. Bu algoritmanın aşamaları ise;

Birinci Adım. Satır İndirgeme: Her satırın en küçük elemanı, ait olduğu satırın kendisi de dahil olmak üzere bütün elemanlarından çıkartılır. Böylece ilk adım sonunda matris de bazı sıfır değerli elemanlar yaratılır.

İkinci Adım. Sütun İndirgeme: Her sütunun en küçük elemanı ait olduğu sütunun kendisi de dahil olmak üzere tüm elemanlarından çıkartılır.

Üçüncü Adım. Sıfırların Silinmesi: Satır ve sütunlardaki sıfırları kapatabilecek minimum yatay ve dikey çizgiler çizilir. Gereken çizgi sayısı satır ya da sütun sayısına eşitse sıfır elemanlar arasında optimal atama yapılabilir. Seçim prosedürü için 5' inci adıma gidilir. Eğer gerekli çizgi sayısı satır ya da sütun sayısından az ise 4' üncü adıma gidilir.

Dördüncü Adım. Örtülmemiş en küçük değere sahip eleman bulunup, kendi de dahil olmak üzere diğer tüm örtülmemiş elemanlardan çıkartılır. Yatay ve dikey çizgilerin

kesişiminde bulunan elemanlara eklenir. Bütün çizgiler silinerek 3'üncü adıma gidilir ve uygun sıfırlar elde edilene kadar devam edilir.

Beşinci Adım. Sıralamanın Belirlenmesi: 3'üncü adımda elde edilen matrisin birinci satırından başlayarak bütün satırlar araştırılır. Aynı satırda tek sıfır elemanı var ise bu eleman “□” simgesi ile işaretlenir. Aynı kolonda bulunan tüm sıfırlar (x) ile çıkartılır; böylece aynı kolona fazladan atama yapılmasının önüne geçilir. Proses tüm satırlardaki sıfırlar işaretlene kadar tekrar edilir.

Böylece her satırda işaretlenen sıfır kolonu o satıra ait olan alternatifin de genel sırasını vermektedir.

Ayrıca bu yöntemde yukarda anlatılanlara ek olarak şunlara dikkat etmek gerekir:

Şu ana kadar her kriterin eşit öneme sahip olduğu varsayılmıştı. Eğer kriterlerin w_j ile ifade edilen farklı ağırlıkları varsa toplam ağırlık formülü;

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^n w_j |S_{ij} - k| \quad (2.15)$$

olur.

Kritere bağlı olan değerlendirmede, ardışık sıralara yerleşmesi gereken alternatif uzaklıkları eşit çıkarsa, bu alternatiflerin sıralaması olarak her biri için, ortalama sıra atanır.

2.3.6. AHP : Hiyerarşik SAW Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi, Saaty [9] tarafından geliştirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Proses' ini bilmek hiyerarşik ağaç yapısını kullanarak çözülen problemleri anlamak açısından oldukça önemli olmaktadır. AHP yönteminde MADM problemleri kriter hiyerarşisi formunda ifade edilir.

Bu şekilde oluşturulmuş bir hiyerarşi en az üç seviyeden oluşur: En üst seviye de hedef, orta seviye de alternatiflerin değerlendirildiği kriterler, en alt seviyede ise alternatifler

yer almaktadırlar. Eğer kriterler çok soyut veya geniş kapsamlı ise orta kademe daha fazla seviyeden oluşturulur.

AHP yönteminde bir problemin çözüm aşamaları;

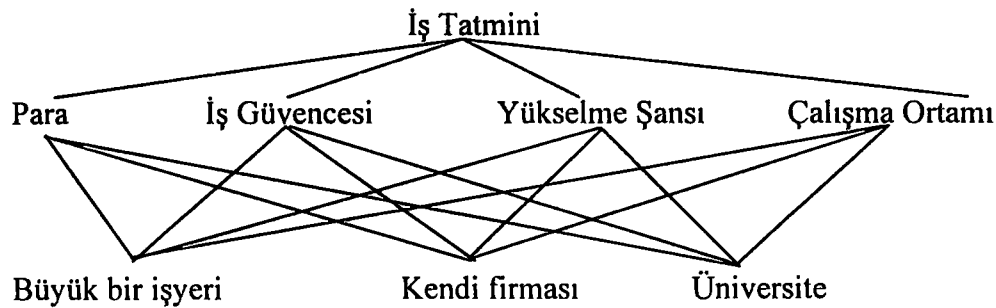
- 1) Problemler, önemli olan faktörlere göre ayrıştırılır.
- 2) Ayrıştırılmış elemanlar üzerinde karşılaştırmalı yargılara varılır.
- 3) Çiftli karşılaştırma matrisleri ile bağlı önem ölçüleri elde edilir ve bunlar daha sonra elde bulunan seçeneklerin değerlendirilmesi için birleştirilir.

Örnek. Bir bayan muhasebecinin iş seçimi.

Bir bayan muhasebe elemanı eldeki üç alternatif arasından bir seçim yapacaktır. Bu alternatifler;

- Büyük bir şirkete ortak olmak (A1)
- Kendi şirketini kurmak (A2)
- Üniversitede akademisyen olmak (A3)

Bu karar problemi için kriter hiyerarşi ağacı Şekil 2.8' de verilmiştir. Kriter hiyerarşi ağacında ana hedef, kriterler ve alternatifler sıralanmıştır.



Şekil 2.8 Kariyer seçimi için hiyerarşi

Buradan da görüldüğü gibi ikinci kademe de yer alan kriterler iş tatminini farklı şekilde etkileyecektir. Doğru sonuca ulaşabilmek için kriterlerin birbirine karşı önem dereceleri, ikili karşılaştırmalar yapılarak tespit edilir. İkili karşılaştırmalar yapabilmek için Saaty' in dokuz noktalı duyarlılık ölçeği kullanılır Tablo (2.3).

Tablo 2.3 Saaty karar ölçeği

Önem Derecesi	Tanımlama
1	Eşit öneme sahip
3	Biraz daha önemli
5	Çok daha önemli
7	Çok fazla daha önemli
9	Olağan üstü fazla daha önemli
2,4,6,8	Her iki karar arasındaki ara değerler.

İkinci kademe de bulunan dört kriter için, $n(n-1)/2$ bağıntısı ile altı adet ikili karşılaştırma yapılması gerektiği görülür.

Kriterleri baş harflerine göre P, G, Y, O ile ifade edersek;

(P,G), (P,Y), (P,O), (G,Y), (G,O), (Y,O) ikili karşılaştırmaları yapılmalıdır. Değerlendirme sonucunda;

(P,G) = (7:1), (P,Y) = (1:1), (P,O) = (7:1), (G,Y) = (1:3), (G,O) = (2:1), (Y,O) = (5:1) olarak bulunur. İkili karşılaştırmalar matris formunda ifade edilirse;

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} P & G & Y & O \\ P & \begin{bmatrix} 1 & P/G & P/Y & P/O \end{bmatrix} \\ G & \begin{bmatrix} G/P & 1 & G/Y & G/O \end{bmatrix} \\ Y & \begin{bmatrix} Y/P & Y/G & 1 & Y/O \end{bmatrix} \\ O & \begin{bmatrix} O/P & O/G & O/Y & 1 \end{bmatrix} \end{array}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} P & G & Y & O \\ P & \begin{bmatrix} 1 & 7 & 1 & 7 \end{bmatrix} \\ G & \begin{bmatrix} 1/7 & 1 & 1/3 & 2 \end{bmatrix} \\ Y & \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 & 5 \end{bmatrix} \\ O & \begin{bmatrix} 1/7 & 1/2 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \end{array}
 \end{array}$$

Bundan sonra yapılacak işlem; kriterlerine göre, alternatiflerinin birbirleriyle ikili karşılaştırılmasıdır. Buda;

M için;

$$\begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 \\ A_1 & \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 2 \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} 3 & 1 & 5 \end{bmatrix} \\ A_3 & \begin{bmatrix} 1/2 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

G için;

$$\begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 \\ A_1 & \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/5 \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} 1/3 & 1 & 1/7 \end{bmatrix} \\ A_3 & \begin{bmatrix} 5 & 7 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Y için;

$$\begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 \\ A_1 & \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 2 \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} 5 & 1 & 7 \end{bmatrix} \\ A_3 & \begin{bmatrix} 1/2 & 1/7 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

O için;

$$\begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 \\ A_1 & \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} 3 & 1 & 1/3 \end{bmatrix} \\ A_3 & \begin{bmatrix} 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Kriterlerinin ikili karşılaştırmalarının yapıldığı matrisin satırlarının geometrik ortalaması alınır. Elde edilen değerler vektörel olarak yazılıp, vektörün elemanları toplam bire bir normalize edilirse kriterlerin ağırlıkları bulunur. Buna göre;

$$\begin{matrix} P & (1 \times 7 \times 1 \times 7)^{1/4} & = 2.65 \\ G & (1/7 \times 1 \times 1/3 \times 2) & = 0.56 \\ Y & (1 \times 3 \times 1 \times 5)^{1/4} & = 1.97 \\ O & (1/7 \times 1/2 \times 1/5 \times 1)^{1/4} & = 0.35 \\ \text{toplam} & & = 5.53 \end{matrix} \quad = \quad \begin{bmatrix} 0.48 \\ 0.10 \\ 0.36 \\ 0.06 \end{bmatrix}$$

Üç alternatifin değerlendirmeleri de bulunup, elde edilen vektörler matris halinde ifade edilirse;

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

şeklinde normalize karar matrisi elde edilir. Sonuç aşamasında karar matrisinin sütunları, kriter ağırlıklarına göre agregre edilip her kriterin hedef seçime ulaşmadaki katkıları bulunur. Bu katkı A_1 , A_2 ve A_3 için;

$$A_1 = 0.48 \times 0.23 + 0.10 \times 0.19 + 0.36 \times 0.17 + 0.06 \times 0.10 = 0.1966$$

$$A_1 = 0.48 \times 0.65 + 0.10 \times 0.08 + 0.36 \times 0.74 + 0.06 \times 0.26 = 0.6020$$

$$A_1 = 0.48 \times 0.12 + 0.10 \times 0.73 + 0.36 \times 0.09 + 0.06 \times 0.64 = 0.2014$$

olarak bulunur. Bulunan sonuçlara göre muhasebecinin seçimi; A_2 yani kendi firmasını kurması olmalıdır.



3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE BULANIK MANTIK

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında Zadeh [14] tarafından ortaya atılmış ve hızla gelişerek bir çok bilim adamının ilgisini çeken araştırmaya açık yeni bir bilim dalı olmuştur.

Bulanık mantık temelde, insan düşünüş tarzını örnek alır. Günlük hayatta sıklıkla kullandığımız yüksek, biraz yüksek, çok yüksek, az, çok az, çok fazla, ileri, çok ileri gibi sözel terimler üzerine kurulmuştur.

Bulanık mantık kavramının günümüze kadar geçirdiği önemli aşamalar Tablo (3.1)' de görülmektedir. İlk önemli endüstriyel uygulaması çimento sanayisinde olmuştur. Bir Danimarka firması ürün kalitesinde sürekliliği sağlayabilmek için, geleneksel denetleyici yerine bir bulanık mantık denetleyicisi kullanmayı düşünmüş ve çok başarılı sonuçlar almıştır. Daha sonra hızla su arıtma sistemlerinde, nükleer reaktör, asansör ve vinç denetimi gibi pek çok değişik alanlarda kullanılmıştır. Tablo (3.2)' de bulanık mantığın bazı uygulama alanları görülmektedir.

Tablo 3.1 Bulanık mantığın geçirdiği önemli aşamalar

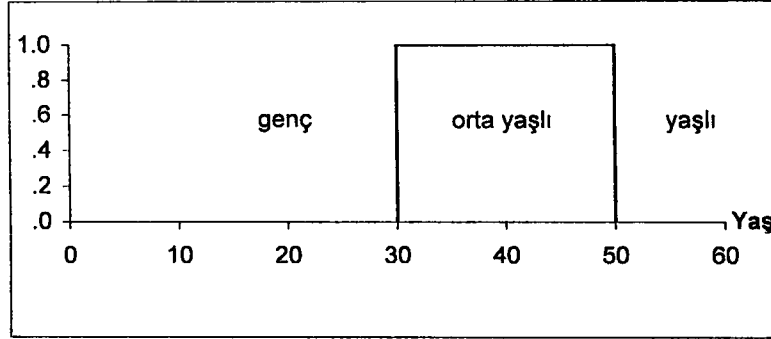
1965 Bulanık Küme Teorisi (Zadeh, University of California, Berkeley)
1966 Bulanık Mantık (Peter Morinos, Bell Laboratuvarı)
1972 Buhar türbini denetiminde bulanık mantık uygulaması (E. H. Mamdani, Queen Mary College, University of London)
1980 Çimento sanayisinde uygulama (F. L. Smidth, Danimarka)
1988 Hisse senedi portföyü için uzman sistem (Yamaichi Security)
1989 Japonya' da LIFE (Laboratory for International Fuzzy Engineering) laboratuvarının kurulması

Tablo 3.2 Bulanık mantığın bazı uygulama alanları

Uygulama Alanı	Firma	Sonuç
Asansör Denetimi	Fujitec/Toshiba	Yolcu trafiğini değerlendirir, böylece bekleme zamanı azalır.
Video Kayıt Cihazı	Panasonic	Cihazın elle tutulması nedeni ile çekim sırasında oluşan sarsıntılar ortadan kalkar.
Çamaşır Makinesi	Matsushita	Çamaşır kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer ona göre yıkama programını seçer.
Elektrikli Süpürge	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer ve motor gücünü uygun bir şekilde ayarlar.
Su ısıtıcısı	Matsushita	Isıtmayı kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlar.
Klima Cihazı	Mitsubishi	Ortam koşullarını sezerek en iyi çalışma durumunu saptar.
ABS fren sistemi	Nissan	Tekerleklerin kilitlemeden frenlenmesini sağlar.
Sendai Metro Sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlamayı ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlar. Durma pozisyonunu iyi ayarlayıp güçten tasarruf sağlar.
Çimento Sanayi	Mitsubishi Chem.	Değirmende ısı ve oksijen oranları için denetim yapar.
Televizyon	Sony	Ekran kontrastını, parlaklığını ve rengini ayarlar.

Bulanık mantık; tanımlamalarında belirsizlik bulunan karmaşık sistemlerin gerçekleştirilmesindeki başarısı ile en güçlü yönünü ortaya koyar. Çok karmaşık, belirsizlik içeren ve geleneksel yöntemlerle oluşturulamayan sistemlerin oluşturulmasına olanak tanınması bulanık mantığın avantajlarındandır. Ayrıca, bulanık mantığın insan düşünüş tarzına yakın olması, matematiksel modellere uyum sağlaması, uygulamalarının hızlı ve ucuz olması, insan davranışlarını formüle etmesi ve yeni olanaklara açık olması bulanık mantığın en önemli avantajları arasındadır. Belirli formal tasarımının olmaması ve iyi metriklerle sahip bulunmaması, geleneksel yöntemlere göre ne kadar iyi sonuç vereceğinin ve ne zaman kullanılması gerektiğinin kestirilememesi ise dezavantajları arasında sayılabilir.

Bulanık mantığın ana özelliğini şu şekilde açıklamamız mümkündür. Geleneksel mantıkta bir kümeyi oluşturan elemanlar kesin elemanlar olup, bir eleman kümenin ya elemanı olmakta ya da olmamaktadır (0 veya 1). Bu tür kümeler kesin kümelerdir. Şimdi yaş kavramını örnek olarak inceleyelim (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Yaş gruplarının kümelendirilmesi (kesin kümeler)

Eğer 40 yaş orta yaş olarak alınırsa, geleneksel küme kavramında 30 yaşın altındakiler “genç”, 30-50 yaş arası “orta yaşlı”, 50 yaşın üstü de “yaşlı” kümeleri olarak sınıflandırılabilir. Dolayısıyla 29.5 yaşındaki birisi “genç” iken 30.5 yaşındaki biri de “orta yaşlı” olarak tanımlanacaktır. İşte bulanık mantık burada devreye girmektedir. Keskin dünya da genç/yaşlı, açık/kapalı, soğuk/sıcak, hızlı/yavaş gibi ikili değişkenlere karşılık; gerçek dünya da ki daha az yaşlı/çok yaşlı, az açık/az kapalı, serin/ılık, biraz hızlı/biraz yavaş gibi değişkenleri kullanarak daha gerçekçi bir yaklaşım sunar.

3.1. Üyelik Fonksiyonu

Üyelik fonksiyonu veya karakteristik fonksiyon, E evrensel kümesine ait bir x elemanının, A alt kümesine ait olma derecesini veren bir fonksiyondur ve $\mu_A(x)$ ile gösterilir.

$\forall x \in E$ için $\mu_A(x) \in [0,1]$ olmaktadır. Burada $[0,1]$, 0’ dan 1’ e kadar olan kapalı aralığı temsil etmektedir.

$\mu_A(x)$ altkümesi, bulanık alt küme veya bulanık küme olarak adlandırılır. Bulanık küme, yalnızca 0 (ait değil) veya 1 (ait) değerlerini almamakta, bunlardan başka 0 ve 1 arasında değerler de alabilmektedir. Örneğin; 0.2, 0.3, 0.453, 0.795, 0.8, 0.99 gibi.

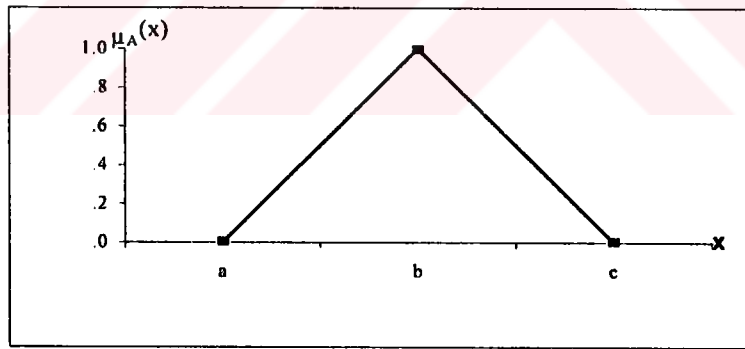
Kesin bir küme ile bulanık bir küme arasındaki temel farklılık, elemanlarının aldığı üyelik derecelerinden kaynaklanmaktadır. Kesin bir kümenin elemanlarının üyelik dereceleri, yalnızca 0 ve 1 değerlerini alırken, bulanık bir kümenin elemanlarının üyelik dereceleri, $[0,1]$ kapalı aralığındaki herhangi bir değer olabilmektedir.

3.2. Bulanık Sayılar

1. Üçgensel Bulanık Sayılar

Üçgensel bulanık sayılar üç elemandan oluşan, (a, b, c) şeklinde ifade edilen sayılardır. (Şekil 3.2)' de gösterilen üçgensel bulanık sayı için, üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & , b \leq x < c \\ 0 & , x > c \end{cases} \quad (3.1)$$

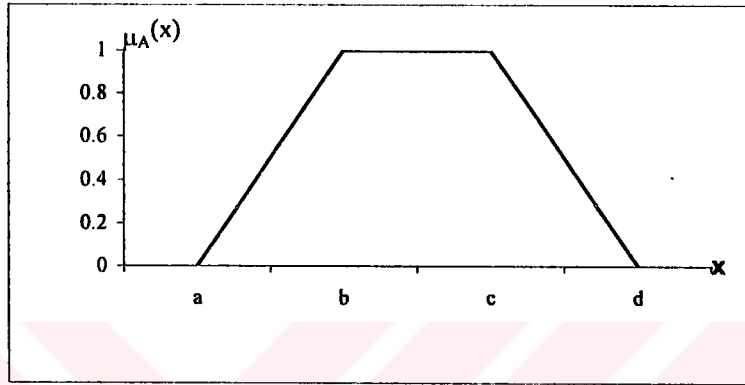


Şekil 3.2 Üçgensel Bulanık Sayı

2. Yamuksal Bulanık Sayılar

Yamuksal bulanık sayılar dört elemandan oluşan, (a, b, c, d) şeklinde ifade edilen sayılardır. (Şekil 3.3)' de gösterilen yamuksal bir bulanık sayı için üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x < b \\ 1 & , b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & , c \leq x < d \\ 0 & , x \geq d \end{cases} \quad (3.2)$$



Şekil 3.3 Yamuksal Bulanık Sayı

3.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Genelde belirli bir amaca sahip çok kriterli problemler bir alternatif kümesi için alternatiflerin sıralanması ve/veya bir alternatifin seçimini esas alır. Sınıflandırma değişen derecede öneme sahip sayısal sözel veya bulanık değişkenler atanarak yapılır.

3.3.1. Oran Alternatifleri

Karar işleminin birinci aşaması kriterin bağlı özelliğine dayalı alternatif oranlama problemidir. FMADM' de en genel çözüm, ağırlıklı ortalama metotlarıdır. İlk aşamada sayısal veya bulanık olan kriter ağırlıkları bulanık olarak düşünülür. Tablo 3.3'de FMADM problemlerinin faz I çözümü için ana yaklaşımlar gösterilmektedir.

Tablo 3.3 FMADM Problemlerinin Faz I Çözüm Yaklaşımları

		Faz	Kriter	Ağırlıklar	Agregasyon kuralı	Çözüm
G1	M1 Kahne[15]	I+II	Stokastik	Aralıklı	Monte Karlo Benzeşimi	Sayısal
	M2 Saaty[9]	I	İkili karşılaştırma	Sayısal	Hiyerrarşik Çözüm	Sayısal
G2	M3 Laarhoven& Pedrycz [16]	I	Sayısal	Sayısal	Hiyerrarşik Çözüm	Bulanık
G3	M4. Bellman& Zadeh[17]	I+II	Bulanık	Sayısal	Max-Min	Sayısal
	M5. Yager [1]	I+II	Bulanık	Sayısal-Bulanık	Max-Min	Sayısal
G4	M6. Baas& Kwarkernaak[18]	I+II	Bulanık Oranlar	Bulanık	Ağırlıklı Ortalama	Bulanık
	M7 Dong. Shah& Wong[]	I	Bulanık Oranlar	Bulanık	Genişleme Prensibi+ α kesmesi+ aralıklı	Bulanık
	M8. Dubois& Prade[19]	-	Bulanık	Bulanık	Yaklaşık Genişleme Prensibi	Bulanık
	M9. Schuimacker [20]	-	Bulanık	Bulanık	Genişleme Prensibi	Bulanık
	M10. Tseng& Klein[21]	I	Sözel Değişkenler	Bulanık	Ağırlıklı Ortalama	Sayısal
G5	M11. Yager[1]	I+II	Bulanık	Sayısal	OWA operatörleri	Sayısal
	M12. Baldwin[22]	I	Bulanık	Sayısal	Kanıtsal Mantık Kuralı	Sayısal

G1 grubu bulanık küme teorisi için alternatif yaklaşımlarını kapsar. Bu grup daha sonraki yaklaşımlar için bir temel oluşturur. G2 grubu; Saaty'nin bulanıklaştırma yöntemine benzer. G3 grubu; birleşim metotlarını (conjunction methots) gösterir. G4 grubu; sözel değişken ve sözel oranlar ile ağırlıklı ortalama denklemini kullanarak kriter ağırlıklarını hesaplar. Temel olarak kriterleri sözel oranlarla ifade edilmiş kabul eder. Örneğin “iyi”, “zayıf” gibi. G5 grubu; kriterleri bulanık küme ile temsil eder.

3.3.1.1. Grup G1. Bulanık Olmayan Yöntemler

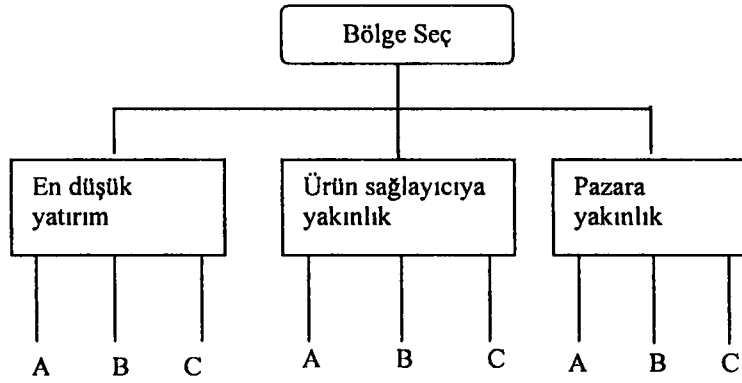
M1. Kahne Yöntemi

Kahne' in metodu ağırlıklı ortalama oranlama kuralını kullanır. Bu yaklaşım ağırlık ve kriterlerin stokastik değişkenler olduğunu kabul eder ve optimal çözüme ulaşmak için rastgele değişkenleri ve Monte Karlo benzeşimini kullanır. Bu metot özellikle bulanık çok özellikli karar verme problemleriyle uğraşmadığı için detaylı bilgi verilmeyecektir.

M2. Saaty' nin Yöntemi

Bu metot karar vermede belirsizlikle uğraşan bulanık küme teorisine alternatif oluşturur. Bulanık kümeleri kullanmamasına rağmen, kriter ve amaçların ağırlıklarına değer biçmek için bu metodu kullanan, bulanık kümelerle ilgilenen bazı yazarlar vardır. Yöntem hiyerarşik olarak çok amaçlı yapıda sistemin amaç ve kriterlerini oluşturarak bağıl bulanıklığı ölçer. Alternatifleri oranlamak için Saaty, özellikler ve/veya amaçlar arasında ikili hiyerarşik karşılaştırma yapar ve onları ters matrislerin özvektörleriyle çözer.

Yaklaşımı matematik form haricinde sunmak için bir örnek verelim. Yeni bir fabrika için $\{A, B, C\}$ kümesinden ürün sağlayıcılar ve markete yakın olma koşulu ile bir yer seçimi problemini göz önüne alalım. Şekil 3.4' de problem hiyerarşisi görülmektedir.



Şekil 3.4 Saaty hiyerarşi örneği.

Saaty tarafından kullanılan karar ölçeği aşağıda verilmektedir.

Tablo 3.4 Saaty karar ölçeği

Önem Derecesi	Tanımlama
1	Eşit öneme sahip
3	Biraz daha önemli
5	Çok daha önemli
7	Çok fazla daha önemli
9	Olağan üstü fazla daha önemli
2,4,6,8	Her iki karar arasındaki ara değerler.

Aradaki değerler uzlaşım kararlarını ifade eder. Hiyerarşide üst düğümlerdeki matris sıfır seviyesine karşılık gelir. Diğerleri de bir seviyesine karşılık gelir. Kare ters matrislerin oluşturulması, karar vericiden i elemanı ile j elemanının belli bir kriter veya amaca göre a_{ij} değeri için karşılaştırması istenerek yapılır. Diğer değerler aşağıdaki şekilde atanmıştır.

$$a_{ji} = 1/a_{ij} \quad (3.3)$$

$$(b) \ a_{ij} = 1 \quad (3.4)$$

Özet olarak bu yaklaşım uyumlu sezgisel ve yapısalıdır. En önemli problem bütün karşılaştırmaların önem karşılaştırması olarak yapılmasıdır. Bu bulanık kümeler olarak kriterlerin tanımlanmasında küçük farklar doğuracaktır. Diğer dezavantaj ise tutarlılıktan emin olmak için yapılan karşılaştırmaların, çok fazla kriter olması durumunda zaman kaybına yol açmasıdır.

Örnekte Saaty'nin ters matrisi gösterilmiştir.

Kriter karşılaştırması

En düşük yatırım

$$\begin{array}{c} G \quad C_1 \quad C_2 \\ G \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/7 \\ 7 & 1 & 1 \\ 7 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ C_1 \\ C_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} G \quad C_1 \quad C_2 \\ G \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/5 \\ 5 & 1 & 1 \\ 5 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ C_1 \\ C_2 \end{array}$$

Ürün sağlayıcıya
yakınlık

Pazara yakınlık

$$\begin{array}{c} G \quad C_1 \quad C_2 \\ G \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ C_1 \\ C_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} G \quad C_1 \quad C_2 \\ G \begin{bmatrix} 1 & 1 & 7 \\ 7 & 1 & 1 \\ 1/7 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \\ C_1 \\ C_2 \end{array}$$

3.3.1.2. Grup G2. Bulanık Hiyerarşik Agregasyon Yöntemi

M3. Laarhoven ve Pedrycz Yöntemi

Laarhoven yöntemi Saaty' in yöntemine benzerdir. Fark kriterin bulanıklaştırılması ve alternatiflerin ikili karşılaştırılma oranlamasıdır. Karar verici tarafından verilen ikili karşılaştırma oranları (örneğin 3 değerini, yaklaşık üç olarak ifade etmek) bir dönüşüme tabi tutulur. Saaty "yaklaşık üç" gibi sınıflandırmalarla ilgilenmek için ara değerleri önerdiği için bu yöntemin bir önceki yöntemle fazla bir katkısı olmaz. Ayrıca , DM Saaty' in yönteminde olduğu gibi hala sayısal ikili karşılaştırma oranını sağlayabilmektedir. Elde edilen sonuçlar bulanık küme olduğu için en iyi alternatifi

seçebilmek için karmaşık bir sıralama prosedürü gerekecektir. Bu durum Saaty yöntemine göre bir dezavantaj olmaktadır. En ilginç özellik birden fazla karar vericinin kabul edilmesi ve oranlarının kombinasyonudur.

Temel olarak bu yöntem Saaty' in teorisine daha karmaşık çözümler bulmak için sadece bulanık küme teorisini kullanmaktadır. Yöntemin ana adımlarının özeti şu şekilde ifade edilebilir;

- Saaty metodundaki gibi kriterlerin ikili karşılaştırılması
- Saaty modelindeki gibi her kriter için alternatiflerin oranlarının ikili karşılaştırması
- Kriter ağırlıkları ve alternatif ağırlıklarının her ikisinden de üçgen dağılımları kullanılarak sayısal değerlerin bulanıklaştırılması
- Bulanık sayılar üzerinde cebrik işlemleri yapabilmek için Dubois ve Prade' nin yaklaşık algoritmalarının kullanımı.

3.3.1.3. Grup G3. Birleşim Metotları

M4. Bellman ve Zadeh' in Yöntemleri

Literatürde sözü geçen ilk bulanık yöntemidir. Hem Çok amaçlı ve hem de çok kriterli problemlerde ilgilenebilecek kadar geneldir. Sadece bir amaç göz önüne alınarak ve bir alternatif kümesinden en iyiyi seçme işlemiyle MADM yöntemlerine yoğunlaşmıştır. Diğer bütün amaçlar kriter olarak alınmıştır.

Yaklaşım; bir karara, karar uzayında bir araya getirilen kısıtlar ve amaçlar grubu olarak bakılabileceğini gösterir. Karar uzayı, alternatiflerin derecesi üyelik fonksiyonu olan bulanık kümedir. Kısıtlar ve amaçlar arasında “VE” bağlantı matrisini ifade edebilmek için kesişimde bir araya getirme işlemi kullanılmıştır. Formül olarak $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ alternatif kümesi olsun. $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ alternatif uzayında bulanık kümeler olarak ifade edilebilen kriter kümesi olsun ve G de bulanık küme ile ifade edilebilen amaç olsun. O halde üyelik karar fonksiyonu;

$$\mu_D(A) = \min(\mu_G(X), \mu_{c1}, \mu_{c2}, \dots, \mu_{cm}(X)) \quad (3.5)$$

burada $\mu_D(A)$ kriter ve amacı sağlayan bir alternatifin derecesi olarak adlandırılabilir. Kriterin öneminin tam eşit olmadığı ve ağırlık katsayılarının gerektiği durumlarda vardır. Kriterin bağıl önemi ile birlikte karar fonksiyonu basitleştirme için üyelik işaretini ihmal ederek;

$$D = \min(\omega_0 G, \omega_1 C_1, \omega_2 C_2, \dots, \omega_m C_m) \quad (3.6)$$

$$\text{ile } \sum_{j=1}^m \omega = 1 \quad (3.7)$$

Özet olarak bu basit bir yöntemdir. Fakat ağırlıklama yöntemi epeyce kabadır. Alternatifleri elemek için bütün kriterleri doldurmak ve üyelik atamaları için bir fırsat verilmemiştir.

3.3.1.4. Grup G4. ağırlık ortalama agregasyon yöntemleri.

M6. Baas ve Kwakernaak [18]

Bu klasik ortalama oranlama formülünü, bulanık sayılara dönüştürmek için ilk yaklaşımdır. Bu tam bir analitik algoritmadır. Dahası Baas ve Kwakernaak lineer olmayan programlama çözümlerinin Zadeh' in prensiplerine göre verilen max-min çözümüne eşdeğer olduğunu kabul ederler. Yazarlar oranlama (karar işleminin ikinci fazı) için bulanık kümelerin karşılaştırılması problemine de hitap ederler.

Baas ve Kwakernaak genel n boyutlu bir dağılım göz önüne alırlar.

$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ burada $x_1 \in X_1, \dots, x_n \in X_n; y \in Y$, ve bulanık sayılar x_1 ' de A_1 , x_2 ' de A_2 vb.

problem şu şekilde formüle edilebilir;

$$\begin{aligned} \mu_b(y) &\leq \mu_{A_i}(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{ve} \\ y &= f(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (3.8)$$

kısıtlarını sağlayacak şekilde $\mu_B(y)$ 'nin en büyüğünün bulunması

Her iki fonksiyon $f = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ve $\mu_{A_i}(x_i)$ nin sürekli olarak türevi alınabilir olduğu kabul edilerek, aşağıdaki üç koşul sağlandığında en büyük üye $\mu_B(y)$ ile en büyük noktaya erişilir.

$$\text{türevler } \mu_{A_i}'(x_i) \text{ ve } f_{x_i}'(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ } i=1,2,\dots,n \quad (3.9)$$

var ve sıfırdan farklı

$$\mu_{A_1}(x_1) = \mu_{A_2}(x_2) = \dots = \mu_{A_n}(x_n) \quad (3.10)$$

$$\mu_{A_i}(x_i) / f_{x_i}'(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ } i=1,2,\dots,n \quad (3.11)$$

aynı işarete sahip

(b)' den $y' = f'(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 'nin hesaplanmasıyla fonksiyon herhangi bir y' deki x_i terimi için çözülebilir örneğin $x_i = g(y)$

$$\text{Böylece çözüm } \mu_B(y) = \mu_{A_i}(x_i; x_i = g(y)) = \mu_{A_i}(g(y)) \quad (3.12)$$

olur.

M7. Dong, Shah ve Wong (2 yöntem)

Bu yöntem bulanık sayılarla genişletilmiş cebrik operasyonlar uygulamak için bir algoritmaya dayalıdır. Algoritma; Dong ve diğerlerine göre; bulanık sayıların (ayrıklaştırma için) gösterimi kavramına ve yeni integrasyon işlemi ile birlikte aralık analizine dayalıdır. DSW diye adlandırılan algoritma sonlu sayıda nokta üzerinde kesin çözüme dayalı olan sayısal ayrık bir yöntemdir. Karar verme için kullanımı Baas ve Kwakernaak 'ın çok kriterli örneği geliştirilerek gösterilmiştir.

DSW algoritmasını tanımlamadan önce bulanık sayılar, bulanık operasyonlar ve aralık operasyonları gözden geçirilmelidir. Bir bulanık sayı I ve R uzayında dış bükey bir

küme olsun. I 'nin üyeliği $M_I = X$ ile gösterilen konveks bir aralık olsun. Genişleme prensibine göre bulanık sayılar I ve J 'nin bir cebirsel işlemi sembolik olarak şöyle gösterilir.

$K = I \circ J$ burada “ $\circ$ ” Herhangi bir cebir operasyonunu göstermektedir. ($\times, -, +, \div$)

$$Z = X \cdot Y = \{z = x \cdot y \mid x \in X, y \in Y\} \quad (3.13)$$

Genişleme prensibi K daki Z 'in z elemanlarının üyeliği sırasıyla X ve Y deki x ve y elemanlarından elde edilebilir.

$$\mu_K(z) = \max_{z=x \cdot y} \min(\mu_I(x), \mu_J(y)) \quad (3.14)$$

burada x ve y bulanık sayılar I ve J 'nin elemanlarıdır.

Aralık operasyonları için $X = [a, b]$ ve $Y = [c, d]$ reel hat üzerindeki iki aralık olsun, o halde cebrik işlemler;

$$[a, b] + [c, d] = [a+c, b+d] \quad (3.15)$$

$$[a, b] - [c, d] = [a-d, b-c] \quad (3.16)$$

$$[a, b] \cdot [c, d] = [\min(ac, ad, bc, bd), \max(ac, ad, bc, bd)] \quad (3.17)$$

$$[a, b] / [c, d] = [a, b] \cdot [1/d, 1/c], \quad 0 \notin [c, d] \quad (3.18)$$

Şimdi DSW algoritması tanımlanabilir. İki bulanık sayı $K = I \circ J$ 'nin cebrik işlemleri için dört adım vardır;

özel bir α kesimi seç; $0 \leq \alpha \leq 1$

bu α 'ya karşılık gelen X ve Y aralıklarını bul

aralık işlemlerini ve genişleme prensibini kullanarak Z deki aralıkları bul.

Çözümü netleştirmek için bir çok α kesmesinde yukarıdaki üç adımı tekrarla.

M8. Dubois ve Prade

Dubois ve Prade alternatifleri oranlamak için özel bir algoritma tanımlamamıştır. Onlar daha çok karar verme işleminin ikinci fazına ait alternatiflerin oranlaması üzerinde durmuşlardır. Ne var ki, onlar genişleme prensibini kullanarak sonuçları elde etmek için cebrik bileşenlerin üyelik fonksiyonlarını sol ve sağa ayırmayı gerektiren yaklaşık bir analitik prosedür önermişlerdir. L-R gösterimi olarak adlandırılan algoritma karar verme için kullanışlıdır.

Bu tekniği geliştirmeden önce üçgen bulanık sayılar için L-R operasyonu çarpım, toplam ve bölümün tanıtılması gerekir. $N_1(l_1, m_1, u_1)$, $N_2(l_2, m_2, u_2)$ olan üçgen bulanık sayıyı göz önüne alalım, burada $l, m, ve u$ alt orta ve üst sınırları göstermektedir, yaklaşık operasyonlar;

$$\begin{aligned}(l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) &= (l_1 + m_1, u_1 + l_2, m_2 + u_2) \\(l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) &= (l_1 \times m_1, u_1 \times l_2, m_2 \times u_2) \\(l_1, m_1, u_1) \div (l_2, m_2, u_2) &= (l_1 \div m_1, u_1 \div l_2, m_2 \div u_2)\end{aligned}\tag{3.19}$$

ve iki üçgen bulanık sayının üyeliklerini hesaplamak için Zadeh' in genişleme prensibini kullanarak;

$$\begin{aligned}\mu_{N_1 \oplus N_2}(z) &= \sup_{(x,y) \in R^2: z=x+y} (\min(\mu_{N_1}(x), \mu_{N_2}(y))) \\ \mu_{N_1 \otimes N_2}(z) &= \sup_{(x,y) \in R^2: z=x \times y} (\min(\mu_{N_1}(x), \mu_{N_2}(y))) \\ \mu_{N_1 \div N_2}(z) &= \sup_{(x,y) \in R^2: z=x \div y} (\min(\mu_{N_1}(x), \mu_{N_2}(y)))\end{aligned}\tag{3.20}$$

Dubois ve Prade' in üçgen bulanık sayılar için yaklaşım algoritması böylece tanımlanmıştır.

Özet olarak bu algoritma yaklaşık sonuçlar verir fakat çok etkindir ve sayısal hesabı çok kolaydır. Daha karmaşık bulanık sayılar için bile yaklaşım teknikleri vardır. En önemli dezavantajları

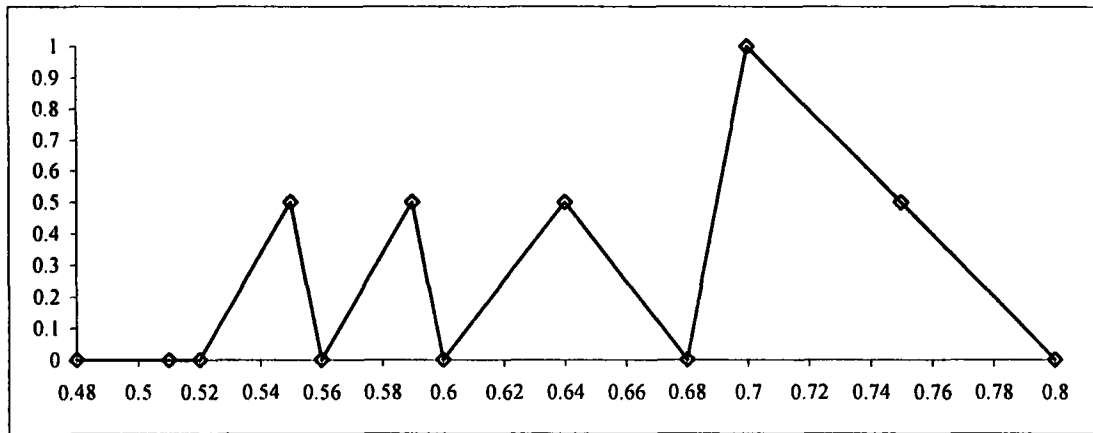
- yaklaşım ile tatminin seviyesini ölçme zorluğu

- elde edilen sonuçların bulanık kümeler olmasından dolayı bir sıralama metoduna ihtiyaç olması
- kriterin tercihlerinin elenmesi için karar vericinin kendi sözel değişkenlerinin tanımlanmasına izin verilmemesi

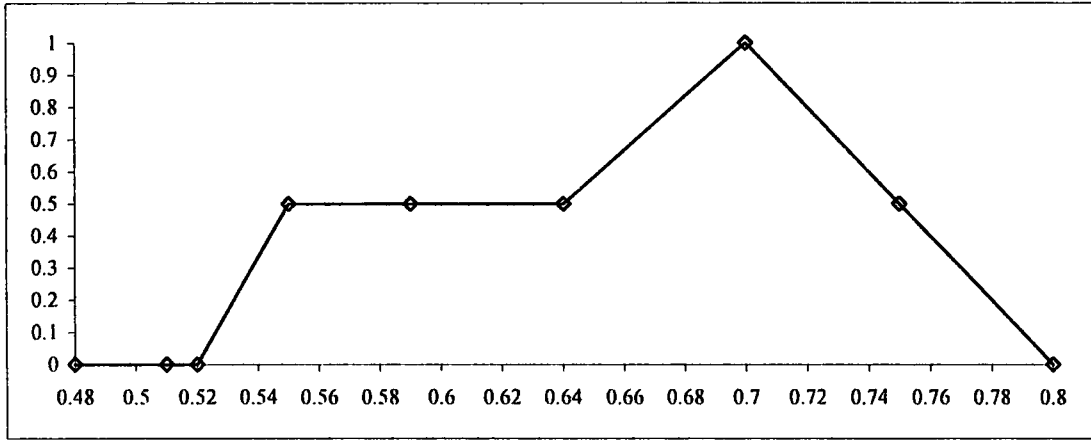
M9. Schumacker' in Yöntemi

Bu yaklaşım bulanık küme işlemlerini çözmek için ayrık gösterimleri kullanır. Amaç bulanık sayıları sonlu nokta kümelerine ayırmak; sonra onların ayrık değerlerini hesaplamak ve sonuçta bulanık kümenin yaklaşık hesaplanmasıdır. Bu yaklaşım genişleme prensibi ile birlikte kullanıldığında max-min işlemin süreksiz doğasına bağlı olarak bazı anormallikler verebilir. Bu sorunu önlemek için Schumacker orta noktaları ihmal ederek konveksliği zorlamayı önermektedir. Ne varki genel olarak bütün cebrik işlemleri etkilemese de konveks bulanık sayıları etkiler. Dahası bu method ayrıklaştırma işlemi bir kural sağlamamaktadır. O halde sayısal olarak çok etkin görünmemektedir.

Grafik olarak Şekil 3.5' de Normal zarf ile genişletilmiş işlemi göstermektedir. Şekil 3.6' da Schumacker tarafından tavsiye edilen orta noktaların ihmal edilmesiyle elde edilen sonuçları göstermektedir. Şekil 3.5 ve 3.6 de görülebileceği gibi sonuçlar orta nokta ihmal edilse bile düzgün şekiller değildir ve dahası konveks bile olmayabilir.



Şekil 3.5 Zarf ile genişletilmiş sonuç.



Şekil 3.6 Orta noktaların ihmal edilmesiyle elde edilmiş zarf.

M10. Tseng ve Klein' in Yöntemi

Bu yaklaşım da ağırlıklı ortalama metoduna dayalıdır. Temel fikir bulanık sözel oranları sayısal oranlara dönüştürmektir. Dönüşümü gerçekleştirebilmek için Tseng ve Klein integrasyonla bulunan bulanık sayılarla kaplanmış alan merkezini kullanmayı önermektedir. Her kriter ve ağırlık için bulanık oranları elde ettikten sonra ağırlıklı ortalama agregasyonunu kullanırlar Fakat burada elde edilen son oran sayısal bir değerdir. Bu algorithmada üç adım vardır. Son ikisi çok kriterli karar verme için klasik ortalama yöntemine eşdeğerdir. Algoritmanın adımları:

iki modelden birini kullanarak her bulanık sözel oranı bir sayısal orana dönüştür. Aşağıdaki model kullanılmıştır.

$$\text{Model 1: } \mu(C_j) = \frac{\int u \times \mu_{q_j}(u) du}{\int \mu_{q_j}(u) du} \quad (3.21)$$

Burada C_j , C kümesinde bir kriteri göstermektedir $\mu_{q_j}(u)$ C_j ' deki u' nun üyelik derecesidir. Formül bulanık sözel orandan bulanık sayısal orana dönüşüm için bulanık sayılarla kaplı alan merkezini sağlar.

Ağırlıklı ortalama agregasyon denklemini kullanarak alternatif ata.

Azalan yönde alternatifleri sırala.

Özetle bulanık sözel oranları sayısal bulanık oranlara dönüştürerek alternatiflerin son oranlarının hesaplarının basitleştirilmesinden bahseden ilk metot budur. Bulanık sözel oranlarla kriter atanmasında Tseng ve Klein' in modelleme süreci önceki metotlarla özdeştir. Fark; sonuç oranın sayısal olmasını sağlayan sözel bulanık oranların sayısal bulanık oranlara dönüştürülmesindedir. Sadece bu metot sayısal bir sonuç veren bulanık sözel oranlarla ilgilenmektedir. Bu metodun avantajı kriterler ve önemler sayısal oranlara dönüştürüldüğü için, her iki uygulama modeli (Tablo 3.3' den Grup G2) ve ağırlıklı ortalama oranının (Tablo 3.3' den Grup G3) sonuçları elde etmek için kullanılabilmesidir. En önemli dezavantajı modelleme işleminde çok fazla bulanıklaştırma kullanılmasıdır.

3.3.2. Alternatiflerin Sıralanması

Faz II alternatiflerin oranlarının belirlenmesinden sonra sıralamasıyla ilgilenmektedir. Optimal karar alternatifini belirleme, sonuçlar sayısal olduğu zaman (sadece en yüksek değere sahip olan alternatifin seçilmesi) kolaydır ve bu durum birinci aşamada ele alınmıştır. İkinci aşama, birinci aşamada bulunmuş olan ve kendileri bulanık kümeler olan her alternatifin değerini göz önüne alır. O halde en iyi alternatifi seçebilmek için daha karmaşık karşılaştırma metotları gerekmektedir. Göz önüne alınacak çok kriterli problemler için karmaşık sıralama prosedürleri oluşturmaya gerek yoktur. Bu fazla ilgilenen esas çalışmanın bir örneğini kısaca sunmaktadır. Yöntemler hakkındaki detaylar ilgili referanslarda bulunabilir. Jain[23] alternatifleri sıralamak için maksimumluma kümesini kullanır. Baldwin ve Guil önerilen yarar fonksiyonlarındaki varyasyonlara duyarlı olan bağıl tercihlerin bir yöntemini tanımlamışlardır, Tong ve Bonissone kararın sayısal formda sunulmasının uygun olmadığını iddia etmiş ve alternatif tercihlerini ifade etmek için doğal dili kullanan bir yöntem önermişlerdir. Dubois bulanık sayıları karşılaştırmak için dört indis tavsiye etmektedir; kısmi karşılaştırma derecesi, eşit karşılaştırma, kapsama ve daha büyük.

Bu çalışma oranlama prosedüründen bulanık sonuçları elde etmenin fazla bulanıklaştırmaktan kaynaklandığını iddia etmektedir. Kriter ve ağırlıklar bulanık kümeler olarak göze alınır. Bundan sakınılabılır ve sayısal sonuçların sıralanması en yüksek değerli alternatifin seçimini gerektirmektedir. O halde çok kriterli problemler

için bulanık alternatif özüm1erin sıralaması, problemin çözümü için karmaşık algoritmaların gerekliliği, bir hata olarak düşünölebilir.



4. YÖNTEMLER

Bir çok belirsizlik kaynağının ele alındığı manevra ve sevk sistemlerinin seçiminde FMADM tekniklerinin kullanımı zorunluluk haline gelmektedir. Çözüm yöntemleri olarak da , Yager ve Chen' in yaklaşımlarının kullanılması uygun görülmüştür. Bu yöntemler hakkında ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.

4.1. YAGER' İN YÖNTEMİ

4.1.1. Giriş

Bulanık ortamda karar mekanizması; Bellman ve Zadeh tarafından, amaçların ve belirsizliklerin doğada bulanık olduğu bir karar süreci olarak belirlenmiştir. Bu demektir ki amaç ve belirsizlikler, sınırları net olmayan alternatif grupları oluşturmaktadır. Bellman ve Zadeh, karar mekanizmasının konvensiyonel yaklaşımındaki genel faktörleri ve karar sürecine dahil olan kavramları onaylamışlardır. Bunlar;

- Alternatif kümesi
- Çeşitli alternatifler arasındaki seçimin belirsizlik kümesi
- Alternatifin seçimi sonucunda oluşan kazanç veya kayıpla ilişkilendirilen bir performans fonksiyonu

Bulanık bir ortamda performans fonksiyonunun yerini “bulanık amaç” alabilmektedir. Bulanık amaç , bulanık bir küme olarak $\{x, \mu_G(x) | x \in U\}$ şeklinde gösterilebilir. Burada “U” bulanık küme (G)’ nin evrenidir. $\mu_G(x)$ bulanık amacın dahil olma fonksiyonudur ve değerlerini $[0,1]$ arasındadır.

Bulanık ortam içindeki, amaç ve belirsizlikler, bir karar mekanizmasının formülasyonunda bulanık amaç ve bulanık belirsizlik olarak aynı şekilde ele alınabilmektedir. Geleneksel karar mekanizması yaklaşımında kullanılan lagrange çarpanları ve ceza fonksiyonları performans fonksiyonları ve belirsizlikler arasında bir ilişki/benzerlik olduğunu açıkça gösterir.

Bulanık karar; amaç ve belirsizliklerin kesişerek oluşturduğu, bulanık küme; D şeklinde ifade edilebilir. G_i , $i = 1, 2, \dots, m$ şeklinde verilmiş bulanık amaçlar ve C_j , $j = 1, 2, \dots, n$ şeklinde verilmiş bulanık belirsizlikler ile çözüm D aşağıdaki ifade kullanılarak bulunur.

$$D = G_1(x) \cap G_2(x) \cap \dots \cap G_m(x) \cap C_1(x) \cap C_2(x) \cap \dots \cap C_n(x) \quad (4.1)$$

$D(x)$, $x \in X$ alternatifleri kapsamında tanımlanmış bulanık kümedir. Karar mekanizmasında D içerisinde en fazla bulanık olma özelliğine sahip x^* , optimum karar mekanizması için alternatif olarak seçilmelidir. Çünkü x^* in amaç kümesine ve belirsizliklere uygunluğu en iyi düzeydedir. Bunun matematiksel ifadesi;

$$x^* = \arg \{ \max D(x) \} \quad (4.2)$$

$D(x)$ en büyük değerini aldığı anda x^* argüman veya indeks değerini almış olur.

4.1.2. Yager' in Yaklaşımı

Bu yaklaşım karar verici için amaçlar ve belirsizlikler aynı önemde olmadığı durumlarda kullanılır. Yager, her kritere karar verici için önemini gösteren bir rakam atanması fikrine dayalı bir metod geliştirmiştir. Bir üstel ağırlıklandırma metodu Saaty tarafından geliştirilen ikili karşılaştırmaların yöntemi kullanılarak elde edilen ağırlıklandırma ve karar bileşenlerini önemlerinin ağırlıklandırması için kullanılmıştır. Bu ağırlıklandırma şekli bulanık karar sürecinin gerçek dünya ihtiyaçlarına yanıt vermesini daha kolay hale getirmiştir.

Bulanık karar göz önüne alındığında, tüm alternatifler için bütün kriterler altındaki performans verileri uygun üsse yükseltilmiştir ve alternatif aşağıdaki koşulu sağlar.

$$MaxMin [G_1^a(x), G_2^a(x), \dots, G_m^a(x), C_{m+1}^a(x), C_{m+2}^a(x), \dots, C_{m+n}^a(x)] \quad (4.3)$$

Bu yaklaşım bir ikili karşılaştırma matrisinin maksimum özdeğerine atanmış özvektör kullanılmasına dayalıdır. Daha önce etkileri keşfedilmiş olan bulanık kümenin skalar üsse yükseltilmesiyle eğer α' ya (belirli bir amaç veya kısıtın karar verici için bağlı önemi) uygun bir değer atamak için bir yöntem bulunursa bütün karar üzerindeki arzulanan etkilerde elde edilebilir.

Eğer her amaca bir $\alpha > 0$ atanırsa (amaç veya kısıt önemli oldukça α büyür) ve ağırlıklandırılmış karar fonksiyonumuz;

$$D(X) = [G_{1\ 1}^{\alpha}(X) \cap G_{2\ 2}^{\alpha}(X) \cap \dots \cap G_{m\ m}^{\alpha}(x) \cap C_{m+1\ m+1}^{\alpha}(x) \cap C_{m+2\ m+2}^{\alpha}(x) \cap \dots \cap C_{m+n\ m+n}^{\alpha}(x)]$$

$$D(X) = \min[G_{1\ 1}^{\alpha}(X), G_{2\ 2}^{\alpha}(X), \dots, G_{m\ m}^{\alpha}(x), C_{m+1\ m+1}^{\alpha}(x), C_{m+2\ m+2}^{\alpha}(x), \dots, C_{m+n\ m+n}^{\alpha}(x)]$$

olur. Böylece her amaç kriterini ve kısıtını sağlamak için her alternatifin önce yeteneğine göre oranlandığı ve her amaç kriteri ya da kısıtın üstel ağırlıklandırmayla karar vericiye göre gerçek önemini yansıtmak için modifiye edildiği, karar verme için hiyerarşik sistem elde edilir.

Elde ki bir p amaçlar kümesi için, amaçların birbirlerine göre oranlama ölçeği oluşturulmak istenirse; Amaçlar, $p = m+n$ durumunda karar problemini karakterize eden amaç kriteri ve/veya kısıtlar olabilir. i ve j amacını karşılaştırırken karar vericiden ilk önce hangi amacın daha önemli olduğu ikili karar vermesi istenir. Bu karar verildiğinde önem derecesine göre 1' den 9' a kadar değer ataması istenir.

Eğer I amacı j amacından üstünse atanan değer a_{ij} şeklinde olacaktır. İkili karşılaştırma matrisi;

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (4.4)$$

olup bu denklem $p \times b$ boyutundaki R ikili karşılaştırma matrisinin kolayca oluşturulmasını sağlar.

$$r_{ii} = 1, r_{ij} = a_{ij} \text{ ve } r_{ji} = 1/r_{ij}, i \neq j \text{ için}$$

Saaty; R ile gösterilen ve maksimum özdeğere karşılık gelen özvektörün karşılaştırılmasında sayısal oran ölçeği olduğunu göstermiştir. Yager normalize edilmiş

özvektör ile sistemin mertebesini, karar daki bulanık kriterin ağırlıklandırması için çarpmıştır. Bu üstlerin değerini eğer faktörler eşit ise bir yapar.

Yager' in yaklaşımına göre aşağıdaki adımlar uygulanmalıdır:

1. Her kriter için bağıl önem hesaplanır. Ağırlıkları hesaplamak için Saaty' in yöntemi kullanılır.
2. Ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilir.
3. En iyi alternatif seçilir. Amacımız en yüksek üyeliğe sahip alternatifi seçmektir.

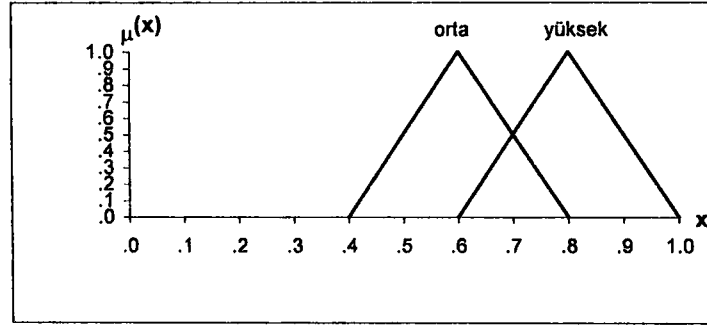
4.2. CHEN' İN YÖNTEMİ

Chen [2] yöntemi, MADM problemlerini, bulanık mantık çevresinde, hızlı ve etkili bir şekilde çözen, hesapsal zorlukların olmadığı yeni bir yaklaşımdır.

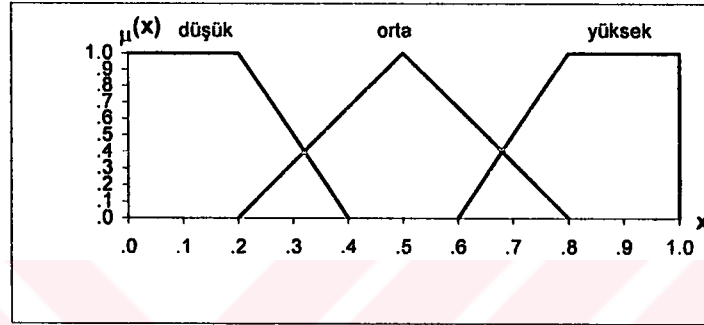
Bu yöntem problemleri iki aşamada çözer. İlk aşamada, bulanık veri , sayısal puanlara dönüştürülür. Bulanık veri, sözel terimlerden, bulanık küme veya bulanık sayılardan oluşmuş olabilir. Eğer bulanık sayılar sözel terimlerden oluşmuşsa, ilk olarak bulanık sayılara dönüştürülür. Sonra, tüm bulanık sayılar (veya bulanık kümeler) sayısal skorlara atanır. Böylece ilk aşama sonucunda, sayısal verilerden oluşan bir karar matrisi elde edilmiş olur. İkinci aşamada, klasik MADM yöntemleri, alternatifler arasında bir sıralama yapmak için kullanılır. Genellikle, matematiksel hesaplamalar minimum düzeyde tutulur. Chen [2] 'in yaklaşımının kolay anlaşılır ve uygulanabilir olması özellikle yönetim ve sistem analistliğinde tercih edilmesini sağlar.

4.2.1. Sözel Terimlerin Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi

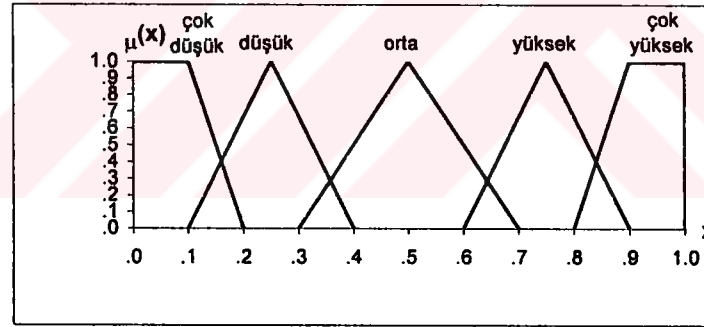
Sistematik olarak sayısal terimleri, onlara karşılık gelen bulanık sayılara dönüştürmek için, sekiz dönüşüm ölçeğinden oluşan bir sayısal tahmin sistemi uygulanır (Şekil 4.1 'den 4.8 'e kadar). Baas ve Kwakernaak [18], Bonissone [24], Efstathiou ve Rajkovic [25], Efstathiou ve Tong [26], Kerre [27], ve Wenstop [28] 'da bu dönüşüm ölçeğini sentezleyerek ve değiştirerek yöntemlerinde kullanmışlardır. Tablo 4.1'de dönüşüm ölçeğinde kullanılan sözel terimlerin özeti verilmiştir. Kullanılan sözel terimler arasında çok az fark olabilmekte ve sözel terimler farklı ölçeklerde farklı şekillerle ifade edilebilmektedir. Bu durum, sözel terimlerin farklı durumlarda farklı anlamlara sahip olması ile ifade edilir.



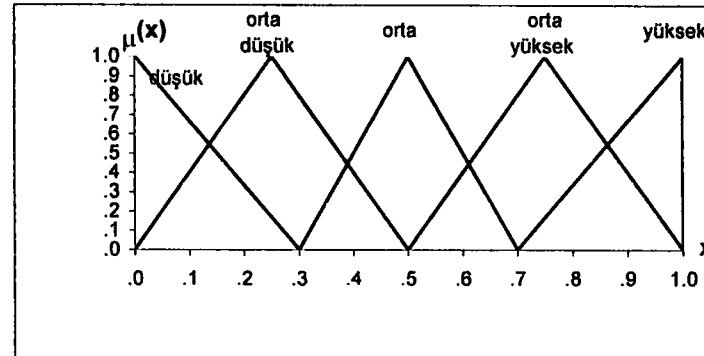
Şekil 4.1 Ölçek 1



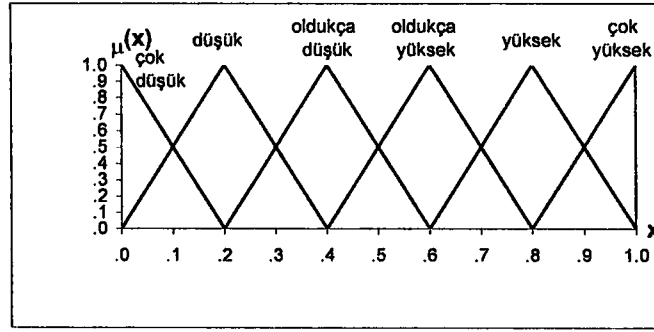
Şekil 4.2 Ölçek 2



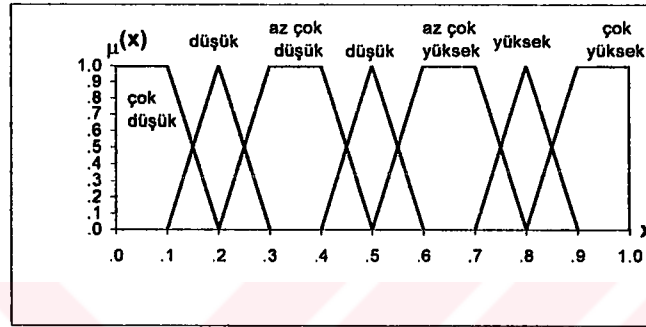
Şekil 4.3 Ölçek 3



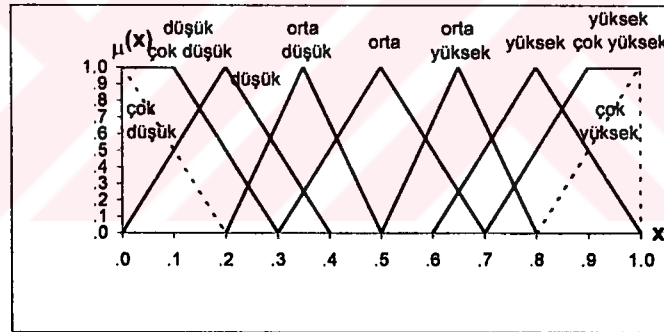
Şekil 4.4 Ölçek 4



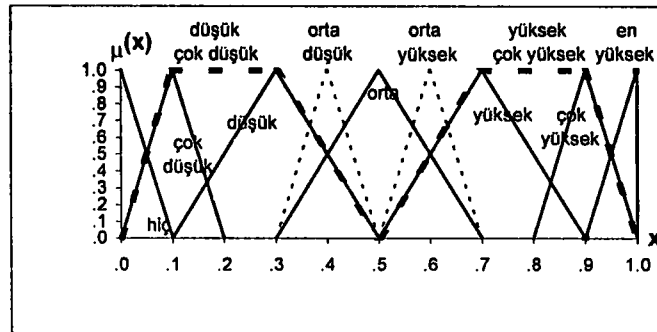
Şekil 4.5 Ölçek 5



Şekil 4.6 Ölçek 6



Şekil 4.7 Ölçek 7



Şekil 4.8 Ölçek 8

Tablo 4.1 Sistem İçinde kullanılan Sözel Terimlerin Özeti

Ölçek	1	2	3	4	5	6	7	8
Terim sayısı	İki	Üç	Beş	Beş	Altı	Yedi	Dokuz	Onbir
Hiç								Evet
Çok düşük			Evet		Evet	Evet	Evet	Evet
Düşük – çok düşük						Evet	Evet	
Düşük		Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Oldukça düşük				Evet	Evet		Evet	Evet
Az Çok düşük						Evet		Evet
Orta	Evet	Evet	Evet	Evet		Evet	Evet	Evet
Az çok yüksek						Evet		Evet
Oldukça yüksek				Evet	Evet		Evet	Evet
Yüksek	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Yüksek-çok yüksek							Evet	Evet
Çok yüksek			Evet		Evet	Evet	Evet	Evet
En yüksek								Evet

Bu sistemin temel prensibi, DM ‘lar tarafından verilen tüm sözel terimleri içeren ölçeği kullanarak, sözel terimi içeren şekli bulanık sayıları ile birlikte seçmektir.

Örneğin, karar verici (orta, çok yüksek) terimlerini versin. Şekil 4.3 deki ölçek, bu terimleri içerdiği için kullanılır. Aynı şekilde karar vericinin (orta, yüksek) terimlerini verdiğini varsayalım. Bu iki terimi tüm ölçekler içermesine rağmen biz en basit ölçek olan Şekil 4.1’ deki ölçeği seçeriz. Eğer (orta, yüksek, en yüksek) terimleri kullanılırsa, bu üç terimi içeren tek ölçek Şekil.4.8’ deki olmaktadır.

Evrende kullandığımız sözel terimler, $U = \{\text{en yüksek, çok yüksek, yüksek- çok yüksek, yüksek, oldukça yüksek, az çok yüksek, orta, az çok düşük, oldukça düşük, düşük-çok düşük, çok düşük, hiç}\}$ olmaktadır. Ayrıca bu ölçeğin bir avantajı da karar matrisinde kullanılan terimler, problemin doğasına göre uygun bir şekilde ifade edilebilmektedir. Örneğin, fiyat bir kriter ise, buna uygun terimler {aşırı derecede pahalı, çok pahalı,..., oldukça ucuz,..., aşırı derecede ucuz} olarak uygulanabilir. Veya boyut bir kriter ise, buna uygun terimler {aşırı derecede küçük, çok küçük,..., orta,..., orta genişlikte} olmaktadır. Kriter tipleri için, aşırı anlamlarını ifade etmek için ikili kelime grupları bulabiliriz, yüksek ve düşük, iyi ve kötü, küçük ve geniş,... gibi. Yetmişaltı zıt kelime çifti seti Osgood, Suci ve Tannenbzun [29] tarafından bulunmuştur. Tablo 4.2 de sekiz zıt kelime çifti örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Evrendeki bazı sözel kelime çiftleri

Genel	Fiyat	Boyut	Mesafe	Ağırlık	Risk	Teknik	Tecrübe
Yüksek	Pahalı	Büyük	Uzak	Ağır	Tehlike	İleri	iyi
Düşük	Ucuz	Küçük	Yakın	Hafif	Emniyet	Basit	kötü

4.2.2. Bulanık Sayıları Sayısal Puanlara Dönüştürmek

Bulanık sayılarını sayısal puanlarına dönüştürmek için Chen [2], bulanık sıralama yaklaşımını kullanmıştır. Bulanık sayı M 'nin, sayısal puanlarının hesaplanması şu şekilde yapılır.

Verilen bir maksimize etme ve minimize etme sistemi;

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{yoksa} \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1 - x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{yoksa} \end{cases} \quad (4.6)$$

M 'nin sağ puanı (right score) aşağıdaki denklemden bulunur.

$$\mu_R(M) = \sup_x [\mu_M(x) \wedge \mu_{\max}(x)] \quad (4.7)$$

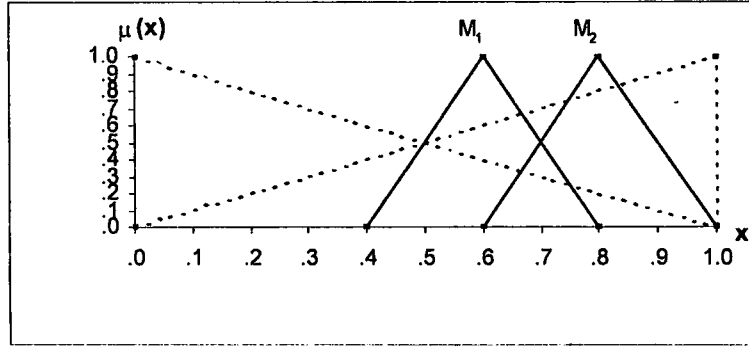
M 'nin sol puanı (left score) da aşağıdaki denklemden bulunur:

$$\mu_L(M) = \sup_x [\mu_L(x) \wedge \mu_{\min}(x)] \quad (4.8)$$

M 'nin verilen sağ ve sol puanları için, M 'nin toplam puanı (total score) aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$\mu_T(M) = [\mu_R(M) + 1 - \mu_L(M)] / 2 \quad (4.9)$$

Örnek. Verilen M_1 ve M_2 bulanıksayıları için, sayısal puanlarının nasıl bulunduğunu hesaplayalım. M_1 ve M_2 'nin ölçeği Şekil 4.9'daki gibi olsun.



Şekil 4.9 Dönüşüm Ölçeği

Maximize ve Minimize etme sistemimiz:

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{yoksa} \end{cases}$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1 - x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{yoksa} \end{cases}$$

M_1 ve M_2 'nin üyelik fonksiyonları tanımlanır.

$$\mu_{M_1}(x) = \begin{cases} \frac{x - .4}{.2}, & 0.4 \leq x < 0.6 \\ \frac{.8 - x}{.2}, & 0.6 \leq x \leq 0.8 \end{cases}$$

$$\mu_{M_2}(x) = \begin{cases} \frac{x - .6}{.2}, & 0.6 \leq x < 0.8 \\ \frac{1 - x}{.2}, & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

sağ, sol ve toplam puanlar ise:

i	$\mu_R(M_i)$	$\mu_L(M_i)$	$\mu_T(M_i)$
1	.667	.500	.584
2	.833	.333	.750

şeklinde bulunur.

Örneğin, M_1 'in toplam puanı şu şekilde bulunmuştur.

$$\mu_R(M_1) = \sup_x [\mu_{M_1}(x) \wedge \mu_{\max}(x)] = .667$$

$$\mu_L(M_1) = \sup_x [\mu_{M_1}(x) \wedge \mu_{\min}(x)] = .500$$

$$\mu_T(M_1) = [\mu_R(M_1) + 1 - \mu_L(M_1)] / 2 = .584$$

4.2.3. Algoritma

Bir problemin çözümü için gerekli olan adımların şu şekilde sıralanması önerilmiştir.

Adım1. Kriterden kritere sözel ifadeler bulanık sayılara dönüştürülür. Bunun içinde dönüşüm ölçeklerinden biri kullanılarak, tüm sözel terimler eşleştirilir. Eğer terimler birden fazla dönüşüm ölçeği ile eşleşiyorsa, bu eşleşmeyi sağlayan en küçük dönüşüm ölçeği kullanılır. Bu işlem tüm sözel terimler, bulanık sayılara dönüştürülene kadar yapılır.

Adım2. Sayısal puanlar, bulanık sayılara dönüştürülür. Bu da denklem (4.7), (4.8) ve (4.9) kullanılarak yapılır.

Adım3. Gerçek sayılara dönüştürülmüş karar matrisi, klasik MADM yöntemlerinden biri kullanılarak çözüme ulaşılır.

Şimdi bu algoritmayı bir örnek problemde uygulayalım.

Sayısal Örnek (Tisza Nehir Yatağı problemi, Hwang [3])

Bu problem ile ilgili olarak düşünülen alternatif ve kriterler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tüm kriterlerin eşit öneme sahip olduğu varsayılmıştır. Problem aşağıdaki adımlar takip edilerek bulunur.

Adım1. X_3 , X_5 , X_6 , X_8 , X_9 , X_{10} ve X_{11} ile ifade edilen kriterler sözel değerlere sahiptir. Bu nedenle bunlar bulanık sayılarına dönüştürülmelidir. Dönüşüm ölçeklerine bakıldığında X_3 , X_5 , X_8 , X_9 ve X_{11} kriterlerinin Ölçek3, X_6 kriterinin Ölçek8, X_{10} kriterinin ise Ölçek5' e karşılık geldiği görülür.

Tablo 4.3 Tisza Nehir Yatağı problemi

Kriterler	Alternatif Sistemler				
	A1	A2	A3	A4	A5
Toplam maliyet	99.6	85.7	101.1	95.1	101.8
Su kıtlığı olasılığı	4	19	50	50	50
Su kalitesi	Çok iyi	İyi	Kötü	Çok iyi	Uygun
Enerji	0.7	0.5	0.01	0.1	0.01
Eğlence	Çok iyi	İyi	Orta	Kötü	Kötü
Sele karşı koruma	İyi	En iyi	Orta	En iyi	Kötü
Kara ve orman kullanımı	90	80	80	60	70
İnsan gücü etkisi	Çok iyi	Çok iyi	İyi	Orta	Orta
Çevresel mimari	Çok iyi	İyi	Kötü	İyi	Orta
Uluslararası taşıma	Ç. kolay	Kolay	Zor	Zor	Zor
Gelişme olasılığı	Çok iyi	İyi	Orta	Kötü	Orta

Adım2. Bulanık puanlama yöntemi ile tayin edilen puanlar aşağıda verilmektedir.

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
A_1	99.6	4	.909	.7	.909	.667	90	.909	.909	.917	.909
A_2	85.7	10	.717	.5	.717	.954	80	.909	.717	.750	.717
A_3	101.1	50	.283	.01	.500	.500	80	.717	.283	.416	.500
A_4	95.1	50	.909	.1	.283	.954	60	.500	.717	.250	.283
A_5	101.8	50	.500	.01	.283	.333	70	.500	.500	.416	.500

Burada X_1 ve X_2 kriterleri maliyet tipi kriterlerdir.

Adım3. Çözüm Metodu olarak MADM yöntemlerinden TOPSIS kullanılmıştır. Tüm kriter değerleri için ağırlıklar eşit alınmıştır.

Adım3.1 Normalize edilmiş karar matrisimiz:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
A_1	0.460	0.045	0.575	0.808	0.687	0.412	0.525	0.557	0.615	0.681	0.656
A_2	0.396	0.214	0.454	0.577	0.542	0.589	0.467	0.557	0.485	0.557	0.517
A_3	0.467	0.563	0.179	0.012	0.378	0.309	0.467	0.439	0.192	0.309	0.361
A_4	0.440	0.563	0.575	0.116	0.214	0.589	0.350	0.306	0.485	0.186	0.361
A_5	0.470	0.563	0.316	0.012	0.214	0.206	0.408	0.306	0.338	0.309	0.361

Adım3.2. Pozitif ve Negatif ideal çözümler bulunur.

Pozitif ideal çözüm A^* ,

$A^* = \{0.3958, 0.0451, 0.5753, 0.8082, 0.6870, 0.5887, 0.5249, 0.5566, 0.6150, 0.6812, 0.6559\}$

Negatif ideal çözüm A^- ,

$A^- = \{0.4701, 0.5634, 0.1791, 0.0115, 0.2139, 0.2055, 0.3499, 0.3062, 0.1915, 0.1857, 0.2042\}$

Adım3.3. Ayrım ölçümleri hesaplanır. Bunun için şu formül kullanılır.

$$S_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j)^2 \right\}^{1/2}, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5$$

Her alternatif için ayrım ölçümleri:

i	1	2	3	4	5
S_i^+	0.1884	0.4154	1.2890	1.2386	1.3134

$$S_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^{11} (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{1/2},$$

i	1	2	3	4	5
S_i^-	1.4314	1.0845	0.3294	0.6339	0.2890

Adım3.4. $\forall i$ için ideal çözüme kısmi yakınlık hesaplanır.

$$C_i = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5$$

i	1	2	3	4	5
C_i	0.8837	0.7230	0.2035	0.3385	0.1804

Adım3.5 Alternatiflerin sıralanması. C_i 'nin azalan değerlerine göre;

$A_1 > A_2 > A_4 > A_3 > A_5$ olarak bulunur.

5. UYGULAMA

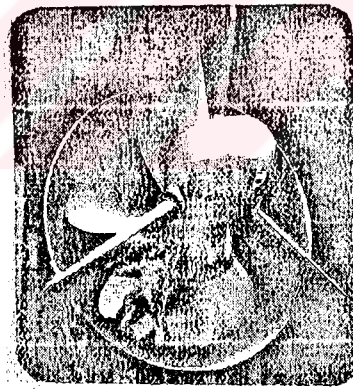
Bu çalışmada uygulama konusu olarak; boğaz hattında çalışacak çift başlı yolcu ferileri için, uygun sevk-manevra sistemi seçimi ele alınmıştır. Amaç, manevra süresini en kısa süreye düşürecek ve aynı zamanda ekonomik bir sevk-manevra sistemi elde etmektir. Sevk-manevra sistemi seçiminde üç alternatif söz konusudur. Bunlar:

- Sabit Hatveli Pervane ve Vec-Twin Dümen
- Dönebilir İticiler
- Sikloidal Pervaneler

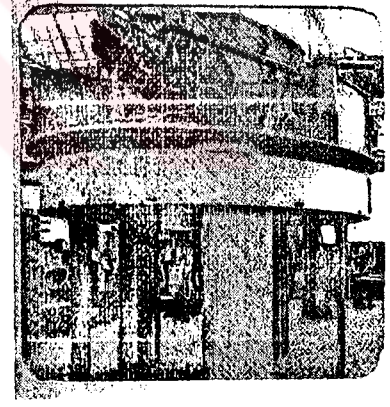
olup Şekil 5.1, 5.2, 5.3 de verilmektedir.



Şekil 5.1 Sabit Hatveli Pervane ve Vec-Twin Özel Dümen (2x1)



Şekil 5.2 Dönebilir İticiler (2x2)



Şekil 5.3 Sikloidal Pervane (2x1)

Burada 2x2 feribotun baş ve kışında ikişer, 2x1 ise birer sevk ünitesi olduğunu göstermektedir.

Gemi makine ve tahrik sistemi için, gemi işletmeciliği de göz önünde tutularak; (1) ve (3) nolu alternatifte orta devirli dizel motorlarının kullanılması, gemi ortasında bir makine dairesi bulunması gereği ve oldukça uzun tahrik şaftlarının kullanımı en uygun seçenektir. (2) numaralı alternatifte ise uygun sevk sistemi makinesi ve şaftıyla birlikte montaj kuyusuna oturtulmuş üniteler uygun görülmektedir.

Bu üç alternatif arasından bir seçim yapabilmek için ilk adım olarak yukarıda açıklanan ana hedef belirlenmiştir. Bu hedef kademeli olarak alt kriterlere ayrılmalıdır. Alt kriterlerin tespiti için uzmanlara danışılmıştır. Bu amaçla EK A' da verilen anket hazırlanmış ve uzmanların görüşüne sunulmuştur. Uzmanların görüşleri doğrultusunda aşağıdaki kriterler elde edilmiştir.

Manevra yeteneği

Gürültü, titreşim

Sevk verimi

İlk yatırım maliyeti

Ağırlık tasarrufu

Yakıt sarfıyatı

İşletme maliyeti (bakım, tutum, tamir vb.)

Güverteden kontrol sistemi

Güvenilirlik

İhtiyaç duyulan sevk sistemi gücü

Sevk sistemi yerleşim ihtiyacı

Kavitasyon

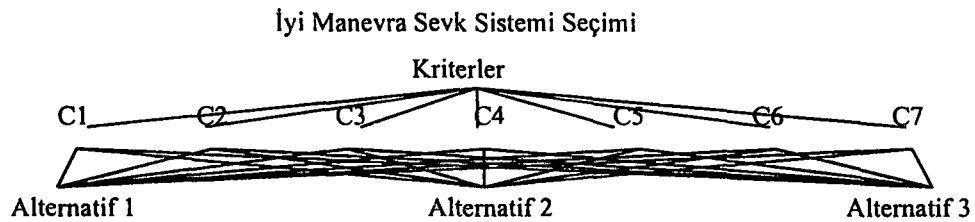
Direnç

Mürettebata eğitim zorunluluğu

Kriterler seçilirken dikkat edilmesi gerekli olan en önemli nokta, kriterlerin birbirinden bağımsız olmasıdır. Bu bağımsızlığı sağlamayan, diğer kriterlerin bir nedeni ya da sonucu olan sevk verimi, ağırlık tasarrufu, yakıt sarfiyatı, kavitasyon, direnç, mürettebata eğitim zorunluluğu bu nedenle çıkartılmıştır. Ayrıca modern gemilerin tümünde güverteden kumanda sistemi mevcut olduğu için bu kriterin de çıkartılması uygun görülmüştür. Böylece kriter sayısı yediye indirilmiştir. Bu kriterler:

- Manevra Yeteneği (C_1)
- Gürültü, Titreşim (C_2)
- İlk Yatırım Maliyeti (C_3)
- İşletme Maliyeti (Bakım, Tutum, Tamir vb.) (C_4)
- Güvenilirlik (C_5)
- İhtiyaç Duyulan Sevk Sistemi Gücü (C_6)
- Sevk Sistemi Yerleşim İhtiyacı (C_7)

Kriterlerin tespiti ile birlikte elde edilen hiyerarşi ağacı da Şekil 5.4' te görülmektedir.



Şekil 5.4 Karar Hiyerarşisi

Hazırlanan ankette istenen diğer bir şey de üç alternatif için tüm kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesidir. Bu önem dereceleri bulunurken de; en yüksek, çok yüksek, yüksek- çok yüksek , yüksek, oldukça yüksek, az çok yüksek, orta, az çok düşük, oldukça düşük, düşük-çok düşük, çok düşük, hiç gibi sözel terimleri kullanmaları istenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1 Karar Matrisi

	A1	A2	A3
C1	İyi	Çok iyi	En iyi
C2	Çok iyi	İyi	En iyi
C3	Çok iyi	İyi	Orta
C4	Çok iyi	Orta	Orta
C5	İyi	İyi	İyi
C6	İyi	İyi	Orta
C7	İyi	Çok iyi	İyi

Yine hazırlanan anket ile uzmanlara yediye indirilen kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapmaları istenmiştir. Bu karşılaştırma içinde dokuz aralıklı duyarlılık ölçeği kullanmaları istenmiştir. Bunun sonucunda elde edilen veriler Tablo 5.2 de verilmiştir.

Tablo 5.2 Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	9	5	6	2	7	7
C2	1/9	1	1/6	1/3	1/7	3	3
C3	1/5	6	1	2	1	8	5
C4	1/6	3	1/2	1	1/5	4	4
C5	1/2	7	1	5	1	5	7
C6	1/7	1/3	1/8	1/4	1/5	1	3
C7	1/7	1/3	1/5	1/4	1/7	1/3	1

Problemin çözümü için de iki FMADM metodu uygun görülmüştür. Bunlar Chen [2] ve Yager [1]' in yöntemleri olup Bölüm 4.' te ayrıntılı bir şekilde incelenmişlerdir. Yöntemler arasında bir karşılaştırma yapabilmek için kriter ağırlıklarının eşit alınmasına

karar verilmiştir. Kriter ağırlıklarının hesabı da Yager 'in yönteminde özdeğer ve özvektörlerinin bulunması ile elde edilen normalize edilmiş matristir.

5.1. Yager' in Yöntemi

FMADM problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri Yager' in çözüm tekniğidir. Bu yöntemle çözüm yapabilmek için elimizdeki kriterlerin ikili karşılaştırma matrislerinin olması gerekir. Bu matrisi daha önceden elde etmiştik (Tablo 5.2). İkili karşılaştırma matrisimiz R;

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 9 & 5 & 6 & 2 & 7 & 7 \\ 1/9 & 1 & 1/6 & 1/3 & 1/7 & 3 & 3 \\ 1/5 & 6 & 1 & 2 & 1 & 8 & 5 \\ 1/6 & 3 & 1/2 & 1 & 1/5 & 4 & 4 \\ 1/2 & 7 & 1 & 5 & 1 & 5 & 7 \\ 1/7 & 1/3 & 1/8 & 1/4 & 1/5 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1/5 & 1/4 & 1/7 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

Daha sonraki adım özdeğer ve özvektör hesabıdır. Maksimum özdeğer;

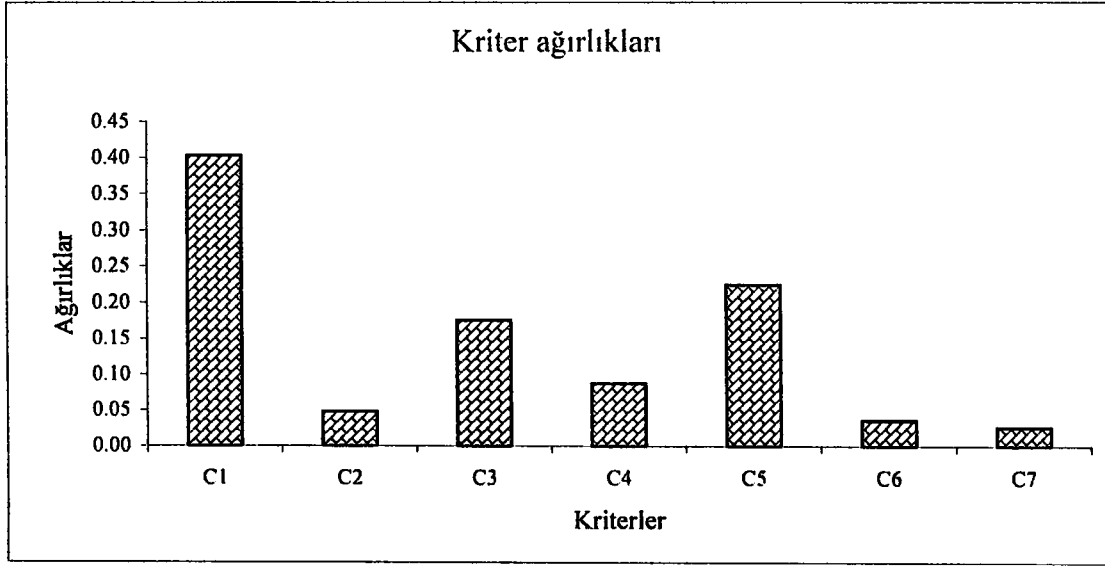
$$\lambda_{\max} = 7.72566$$

olarak bulunur.

Normalize edilmiş özvektör U ise;

$$U = \begin{bmatrix} 0.40326 \\ 0.04761 \\ 0.17560 \\ 0.08761 \\ 0.22430 \\ 0.03569 \\ 0.02594 \end{bmatrix}$$

olarak bulunur. Normalize edilmiş özvektörler, kriter ağırlıkları olup Şekil 5.5' de bir fikir vermesi için gösterilmiştir.



Şekil 5.5 Kriter Ağırlıkları

Üstel ağırlık vektörü α ise;

$$\alpha = \begin{bmatrix} 2.82279 \\ 0.33326 \\ 1.22921 \\ 0.61326 \\ 1.57011 \\ 0.24981 \\ 0.18157 \end{bmatrix}$$

Şimdi bulduğumuz bu değerleri karar fonksiyonunda uygulayalım. Karar fonksiyonumuz;

$$D(X) = G_1^{\alpha_1}(X) \cap G_2^{\alpha_2}(X) \cap \dots \cap G_7^{\alpha_7}(X)$$

$$D(X) = \min[G_1^{2.82279}(X), G_2^{0.33326}(X), G_3^{1.22921}(X), G_4^{0.61326}(X), G_5^{1.57011}(X), G_6^{0.24981}(X), G_7^{0.18157}(X)]$$

Çözüme ulaşabilmek, alternatifler arasında bir sıralama yapabilmek için, sözel değişkenlere karşılık gelen bulanık sayıları Tablo 5.3' den alırsınız.

Tablo 5.3 Sözel Ölçek

	Bulanık Sayı Karşılığı
En iyi	0.9
Çok iyi	0.75
İyi	0.5
Orta	0.25
Kötü	0

$$D(ALT1) = \{\min(0.5^{2.82279}, 0.75^{0.33326}, 0.75^{1.22921}, 0.75^{0.61326}, 0.5^{1.57011}, 0.5^{0.24981}, 0.5^{0.18157})\}$$

$$= \{0.14134, 0.90858, 0.70214, 0.83826, 0.33678, 0.84101, 0.88174\}$$

$$= 0.14134$$

$$D(ALT2) = \{\min(0.75^{2.82279}, 0.5^{0.33326}, 0.5^{1.22921}, 0.25^{0.61326}, 0.5^{1.57011}, 0.5^{0.24981}, 0.9^{0.18157})\}$$

$$= \{0.44394, 0.79374, 0.42655, 0.42734, 0.33678, 0.84101, 0.98105\}$$

$$= 0.33678$$

$$D(ALT3) = \{\min(0.9^{2.82279}, 0.25^{0.33326}, 0.25^{1.22921}, 0.5^{0.61326}, 0.25^{1.57011}, 0.5^{0.24981}, 0.9^{0.18157})\}$$

$$= \{0.74274, 0.96550, 0.18195, 0.42735, 0.33679, 0.70730, 0.88174\}$$

$$= 0.18195$$

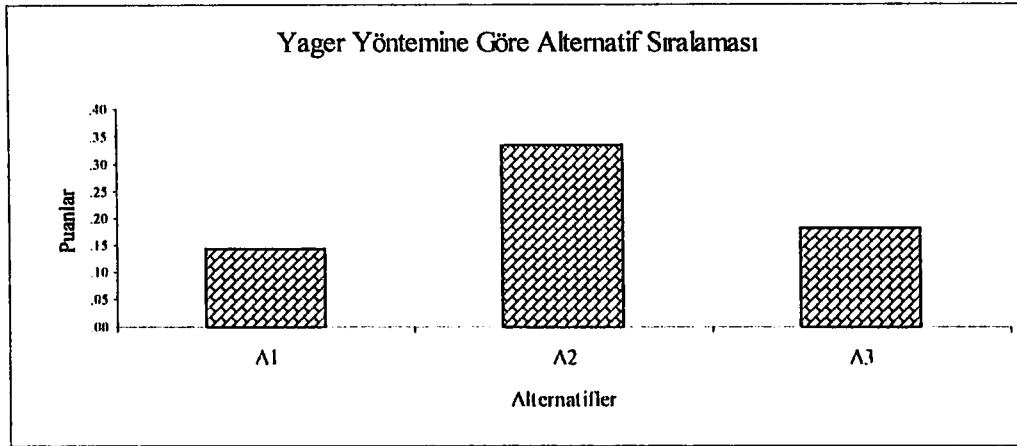
Ve buradan optimum karar;

$X^* = \arg\{\max D(x)\} = ALT2$ olarak bulunur.

Buradan alternatifler arasındaki sıralama ise;

$$A2 > A3 > A1$$

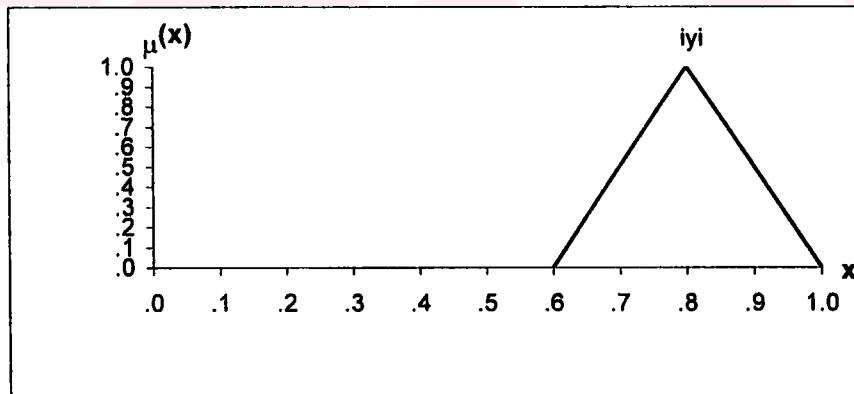
olmaktadır. Şekil 5.6' da bulunan sonuçlar ifade edilmiştir.



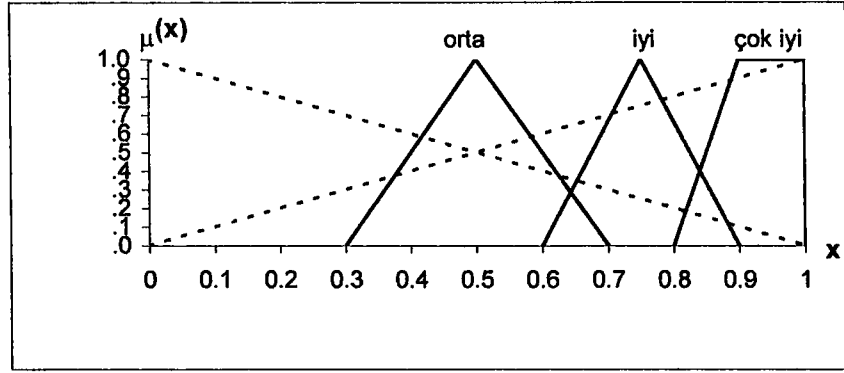
Şekil 5.6 Yager Yöntemine Göre Alternatif Sıralaması

5.2. Chen' in Yöntemi

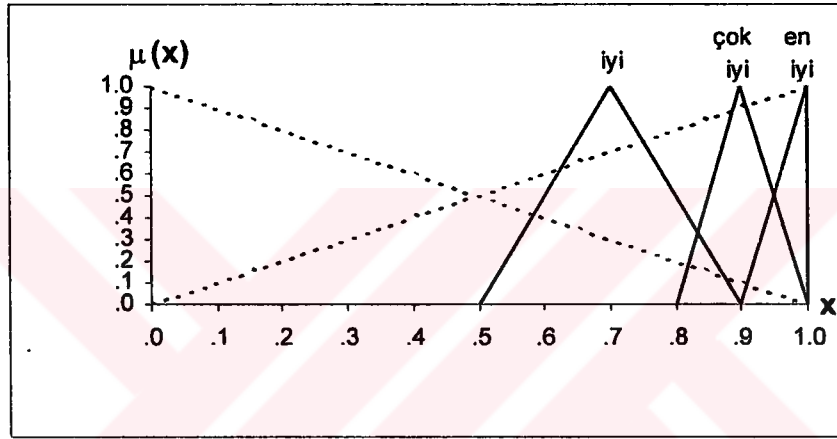
Tüm kriterler için verilen değerlere bakıldığında (Tablo 5.1) tamamının sözel değişkenlerden oluştuğu görülür. Bu nedenle ilk adım olarak bu değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için de dönüşüm ölçekleri kullanılır. Eldeki kriterlerin sözlü değerleri ile dönüşüm ölçekleri arasında bir eşleştirme yapılırsa, C5 ve C6 ile Ölçek 1, C3 ve C4 ile Ölçek3, C1, C2 ve C7 kriterleri Ölçek8, 'nın karşılık geldiği görülür. Bu ölçekler Şekil 5.7, 5.8, 5.9 de verilmiştir.



Şekil 5.7 Ölçek1



Şekil 5.8 Ölçek3



Şekil 5.9 Ölçek8

Yukarıdaki ölçekler kullanıldığında karar matrisindeki sözel değişkenlerin yerine geçen bulanık sayılar ise Tablo 5.4' de verilmiştir.

Tablo 5.4 Hesaplanan Sözel Değişkenlere Karşı Gelen Bulanık Sayılar

	A1	A2	A3
C1	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.8, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)
C2	(0.8, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.9, 1, 1)
C3	(0.8, 0.9, 1, 1)	(0.6, 0.75, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)
C4	(0.8, 0.9, 1, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)
C5	(0.6, 0.8, 1)	(0.6, 0.8, 1)	(0.6, 0.8, 1)
C6	(0.6, 0.8, 1)	(0.6, 0.8, 1)	(0.4, 0.6, 0.8)
C7	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.9, 1, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)

Elde edilen bulanık sayıların sayısal puanlara dönüştürülmesi için Chen [2] bulanık sıralama yaklaşımını kullanmıştır. Bulanık sayıyı biz M ile ifade edecek olursak, bu M değerine karşılık gelen sayısal puan şu şekilde hesaplanır.

Verilen bir maksimize ve minimize etme sistemi için;

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{yoksa} \end{cases}$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1 - x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{yoksa} \end{cases}$$

M' nin sağ puanı ;

$$\mu_R(M) = \sup_x [\mu_M(x) \wedge \mu_{\max}(x)]$$

M' nin sol puanı;

$$\mu_L(M) = \sup_x [\mu_L(x) \wedge \mu_{\min}(x)]$$

M'nin toplam puanını;

$$\mu_T(M) = [\mu_R(M) + 1 - \mu_L(M)] / 2$$

formülleri kullanılarak kolayca hesaplanıyordu. Bu formüller kullanılarak elde edilen sayısal puanlar Tablo 5.5' te verilmiştir.

°

Tablo 5.5 Bulanık Sayılara Karşılık Gelen Sayısal Puanlar

	A1	A2	A3
C1	0.6667	0.8636	0.9545
C2	0.8636	0.6667	0.9545
C3	0.9091	0.7174	0.5000
C4	0.9091	0.5000	0.5000
C5	0.7500	0.7500	0.7500
C6	0.7500	0.7500	0.5833
C7	0.6667	0.9545	0.6667

Problemin çözümüne ulaşabilmek için bu noktadan itibaren MADM metotlarından biri uygulanır. Uygulamada sıklıkla kullanıldıkları için burada TOPSIS ve SAW yöntemleri kullanılmıştır.

5.2.1. TOPSIS Metoduna Göre.

Tablo 5.5 kullanılarak normalizasyon işlemi yapılır. Buna göre normalize edilmiş kara matrisimiz (vektör normalizasyonu);

$$\begin{array}{c}
 C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4 \quad C_5 \quad C_6 \quad C_7 \\
 A_1 \begin{bmatrix} 0.4599 & 0.5957 & 0.7207 & 0.7207 & 0.5774 & 0.6196 & 0.4969 \end{bmatrix} \\
 A_2 \begin{bmatrix} 0.5957 & 0.4599 & 0.5687 & 0.3964 & 0.5774 & 0.6196 & 0.7114 \end{bmatrix} \\
 A_3 \begin{bmatrix} 0.6585 & 0.6585 & 0.3964 & 0.5687 & 0.5774 & 0.4819 & 0.4969 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Ağırlıklar:

$$[0.4033 \quad 0.0476 \quad 0.1756 \quad 0.0876 \quad 0.2243 \quad 0.0357 \quad 0.0259]$$

Ağırlıklı normalizasyon matrisimiz ise ;

$$\begin{array}{c}
 C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4 \quad C_5 \quad C_6 \quad C_7 \\
 A_1 \begin{bmatrix} 0.1855 & 0.0284 & 0.1266 & 0.0692 & 0.1295 & 0.0221 & 0.0129 \end{bmatrix} \\
 A_2 \begin{bmatrix} 0.2402 & 0.0219 & 0.0999 & 0.0380 & 0.1295 & 0.0221 & 0.0185 \end{bmatrix} \\
 A_3 \begin{bmatrix} 0.2655 & 0.0313 & 0.0696 & 0.0380 & 0.1295 & 0.0172 & 0.0129 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Pozitif ideal çözüm;

$$A^* = \{0.2655, 0.0313, 0.1266, 0.0692, 0.1295, 0.0221, 0.0185\}$$

Negatif ideal çözüm;

$$A^- = \{0.1855, 0.0219, 0.0696, 0.038, 0.1295, 0.0172, 0.0129\}$$

Pozitif ideal çözümden olan uzaklık;

$$S_A^* = \{0.0803, 0.0491, 0.0653\}$$

Negatif ideal çözümden olan uzaklık;

$$S_A^- = \{0.0654, 0.0630, 0.0806\}$$

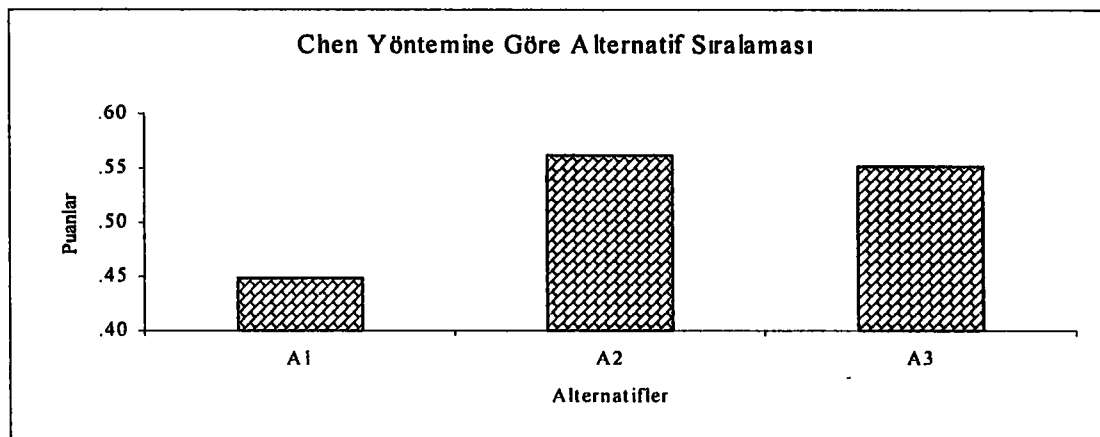
Alternatiflerin tercih sıralaması;

$$C_{A1} = 0.4489$$

$$C_{A2} = 0.5621$$

$$C_{A3} = 0.5524$$

olup $A2 > A3 > A1$ olarak sıralama bulunur. Şekil 5.10' da bulunan sonuçlar ifade edilmiştir.



Şekil 5.10 Chen Yöntemine Göre Alternatif Sıralaması

5.2.2. SAW Metoduna Göre:

Diğer MADM yöntemleri ile de çözüme ulaşılabileceğini göstermek için, ikinci bir yöntem olarak SAW yöntemi seçilmiştir. En çok kullanılan MADM yöntemlerinden biri olan SAW yöntemi her kriterin katkılarının toplamı ile bir indeks oluşturuyordu. Bunun için ilk önce bir normalizasyon işlemi, tüm birimleri boyutsuz hale dönüştürmek için yapıyordu. TOPSIS den farklı olarak burada lineer normalizasyon söz konusudur.

Tablo 5.5 kullanılarak elde edilen normalize edilmiş matrisimiz;

	A_1	A_2	A_3
C_1	0.6985	0.9048	1.0000
C_2	0.9048	0.6985	1.0000
C_3	1.0000	0.7891	0.5500
C_4	1.0000	0.5500	0.5500
C_5	1.0000	1.0000	1.0000
C_6	1.0000	1.0000	0.7777
C_7	0.6985	1.0000	0.5238

Ağırlıklar:

[0.4033 0.0476 0.1756 0.0876 0.2243 0.0357 0.0259]

Alternatiflerin ağırlıkları ise; Denklem 2..... den;

$$V(A_1) = 0.8661$$

$$V(A_2) = 0.8708$$

$$V(A_3) = 0.8613$$

olup, alternatifler arasındaki sıralama;

$A_2 > A_1 > A_3$ olarak bulunur.

NOT. Bu çalışmada uzmanların başlangıçtaki verdikleri 14 kriter hiç elenmeden, iki FMADM yöntemi kullanılarak başlangıçta çözülmüştür. Bunun sonucunda üç nolu alternatif optimum çözümü vermiştir. Bizim çalışmamızda ise kriterlerin bağımsızlığı ve

teklifi ilkesinden yola çıkarak kriter sayısı yediye indirilmiş ve yapılan hesaplar sonucunda iki nolu alternatif optimum sonuç olarak bulunmuştur. Bu da bir problemin çözümü esnasında kullanılan yöntem kadar, amaç ve kriterlerin seçiminin de çok önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

MADM, belirli bir problemi çözmek ve istenilen amaca ulaşmak için, pek çok kriterin ışığı altında, mevcut alternatiflerden bir ya da birkaçını seçme işlemidir.

FMADM ise, bir problemin çözümünde kullanılan karar matrisindeki değişkenlerin bulanık olduğu durumlarda mevcut alternatiflerden bir ya da birkaçını seçmedir. FMADM, çok karmaşık, belirsizlik içeren ve geleneksel MADM yöntemleriyle üstesinden gelinemeyen problemlerin çözümünde kullanılır.

Gerek gemi inşaatının pek çok kademesinde gerekse manevra ve sevk sistemlerinin seçiminde kullanılan parametreler belirsizlik içerir. Bu belirsizlik ise çözüm yöntemleri olarak FMADM' in kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada boğaz hattında çalışacak çift başlı yolcu ferileri için, uygun sevk ve manevra sistemi seçimi problemi ele alınmıştır. İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimler Fakültesi AR-GE grubu tarafından 1993yılında T.D.İ. için yapılan projenin verileri bu çalışmada esas alınmıştır.

Manevra ve sevk sistemi seçimi için üç alternatif mevcut olup bunlar; Sabit Hatveli Pervane ve Vec-Twin Dümen, Dönebilir İticiler ve Sikloidal Pervanedir. Amaç; yüksek manevra yeteneğine sahip bir, manevra-sevk sistemi seçimi olarak belirlenmiştir. Problemin çözümü esnasında, EK A' daki anket hazırlanıp uzman grubuna sorulmuş, alınan cevaplar ile kriterler belirlenip, karar matrisi oluşturulmuştur.

Karar matrisindeki değerler bulanık olduğu için, FMADM yöntemleri kullanılmıştır. FMADM yöntemi olarak Yager ve Chen' in yöntemleri seçilmiştir. Yager' in yöntemi kriterlerin ikili karşılaştırılması, özdeğer ve özvektör hesabı ile kriter ağırlıklarının tespiti ve üssel ağırlık tekniğine dayanır. Chen' in yöntemi ise; karar matrisindeki

bulanık verilerin sayısal hale dönüşümü için sekiz şekilden oluşan bir dönüşüm ölçeği ve klasik MADM yöntemleri kullanılarak tercih sıralamasının hesaplanmasını esas alır.

Chen yöntemi ile problemin çözümü sırasında; alternatiflerin seçimi aşamasında klasik MADM yöntemleri kullanıldığı için; bu çalışmada da TOPSIS ve SAW yöntemleri tercih edilmiştir.

Chen ve Yager' in yöntemlerinde optimum çözüm olarak “Dönebilir İticiler” bulunmuştur. İki yöntemde de sonuçların aynı çıkması, çalışmanın sağlam temeller üzerine oturtulduğunun bir göstergesi olmuştur. Bunda, yöntem kadar önemli olan; problemin iyi tanımlanıp, kriterlerin doğru ve birbirinden bağımsız seçilmesi gerçeğine dikkat edilmesinin de büyük payı vardır.

Bu çalışmada bir uzman grubunun görüş birliğine vardığı ortak kararlar kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca, her bir uzmanın vereceği kararlar, kriter bazındaki uzman ağırlıkları da gözönünde bulundurularak alternatif sıralaması ve seçimi için ileri bir çalışma yapılabilir.

Bu çalışmada kriter ağırlıklarının tayininde Saaty' in çözüm tekniği kullanılmıştır. Literatürdeki başka kriter ağırlıklandırma teknikleri de araştırılıp yeni çalışmalarda kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **YAGER, R.R.**, (1988). On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multi-criteria Decision Making, IEEE Trans. Systems Man Cybernet. 18(1) 183-190.
- [2] **CHEN, S. M.**, (1988). A New Approach to Handling Fuzzy Decision-Making Problems, Proceedings of the 18 th International Symposium on Multiple-Valued Logic, Spain, pp. 72-76.
- [3] **HWANG, G. L.**, (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Berlin / Heidelberg / New York: Springer-Verlag.
- [4] **MacCRIMMON, K. R.**, (1968). Decision Making Among Multiple –Attribute Alternatives: A Survey and Consolidated Approach. RAND Memorandum RM-4823-ARPA.
- [5] **KEENEY, R.L., and RAIFFA, H.**, (1976) Decisions with Multiple Objectives. New York: Wiley.
- [6] **MILLER, G.A.**, (1956). "The Magic Number Seven, Plus or Minus Two" Psychological Review 63: 81-97
- [7] **STILLWELL, W. G., SEAVER, D. A., and EDWARDS, W.**, (1981). "A Comparison of Weight Approximation Techniques in Multi-attribute Utility Decision Making." Organizational Behaviour and Human Performance 28:62-77
- [8] **MORRIS, W. T.**, (1964). The Analysis of Management Decisions. Homewood, N., Irwin.
- [9] **SAATY, T. L.**, (1980). The Analytical Hierarchial Process. New York: Wiley.
- [10] **ROY, B.**, (1971). "Problems and Methods with Multiple Objective Functions." Mathematical Programming 1: 239-266.
- [11] **NUKAMP, P., and VanDELFT, A.**, (1977). Multi-Criteria Analysis and Regional Decision Making. Leiden, The Netherlands: Martinus Nijhoff.
- [12] **VOOGD, H.**, 1983. Multi-Criteria Evaluation for Urban and Regional Planning. London: Pion.

- [13] **COOK, W. D., and SEIFORD, D. L. M.** (1978) "Priority Ranking and Consensus Formation" *Management Science* 24: 1721-1734.
- [14] **Zadeh, L. A.,** (1987). *Fuzzy Sets and Applications, Selected Papers*, A. Wiley Interscience Publication, New York, s.56
- [15] **Kahne, S.,** (1975). A procedure for Optimizing Development Decisions, *Automatica*. Vol.11, pp.261-269
- [16] **LAARHOVEN, P.J.M., and W. Pedrycz,** (1983). A Fuzzy extension of Saaty's Priority Theory, *Fuzzy Sets and Systems II* 229-241.
- [17] **Bellman, R. E. , and Zadeh, L. A.,** (1970). Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Sci.* 17(4) 141-164.
- [18] **Baas, S., and KWAKERNAAK, H.,** (1977). Rating and Ranking of Multiple-Aspect Alternatives Using Fuzzy Sets. *Automatica* 13 47-58.
- [19] **DUBOIS, D., and PRADE, H.,** (1979). Fuzzy Real Algebra: Some Results. *Fuzzy Sets and Systems* 2 327-348.
- [20] **DONG, W.M., SHAH, H.C., and WONG, F.S.,** (1985). Fuzzy Computations in Risk and Decision Analysis. *Civil Engrg. Systems* 2 201-208
- [21] **TSENG, T. Y., KLEIN, C.M.,** (1994). A Survey and Comparative Study of Ranking Procedures in Fuzzy Decision Making. Report, University of Missouri-Columbia
- [22] **BALDWIN, J. F.** Evidential Support Logic. FRIL and Case Based Reasoning, to Appear in *Internat. J. Intelligent Systems*.
- [23] **JAIN, R.,** (1976). Decision Making in the Presence of Fuzzy Variables. *IEEE Trans. Systems Man Cybernet.* 698-702
- [24] **BONISSONE, P.P.,** (1979). A Fuzzy Sets Based Linguistic Approach: Theory and Applications, in: *Approximate Reasoning in Decision Analysis*, M. M. Gupta and E. Sanchez (eds.), North Holland, pp. 329-339
- [25] **EFSTATHIOU, J., and RAJKOVIV, V.,** (1979). Multi-attribute Decision Making Using Fuzzy Heuristic Approach, *IEEE Trans. on Systems, Man, Cybernetics*, Vol. SMC-9, pp. 326-333.
- [26] **EFSTATHIOU, J., and TONG, R.,** (1982). Ranking Fuzzy Sets: A Decision Theoretic Approach, *IEEE Trans., Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-12, pp. 655-659.

- [27] **KERRE, E.E.**, (1982). The Use of Fuzzy Set Theory in electrocardiological Diagnostics, in: Approximate Reasoning in Decision Analysis, M.M. Gupta and E. Sanchez (eds.).
- [28] **WENSTOP, F.**, ((1976). Fuzzy Set Simulation Models in a Systems Dynamic Perspective, Kybernetes, Vol. 6, pp. 99-115.
- [29] **OSGOOD, C.E. , SUCI, G.J., and TANNENBAUM**, (1975). The Mesurement of Meaning (9 th ed.), University of Illinois Pres, Urbana.



EK A

**İTÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GEMİ İNŞAATI ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZ ANKETİ – I**

TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI

HAZIRLAYAN: Gemi İnşaatı ve Deniz Mühendisi Ayhan MENTEŞ

Çift başlı yolcu ferilerinde sevk/manevra sisteminin optimum seçimi konusunda bir yüksek lisans tezi hazırlanması düşünülmektedir. Ekte bu konuda size birtakım sorular sorulmaktadır. Bilgi ve tecrübelerinizle bu teze sağlayacağınız katkılar nedeni ile şimdiden teşekkür ederiz.

Ayhan MENTEŞ

Soru:

Çift başlı yolcu ferilerinde sevk/manevra sisteminin teknik-ekonomik incelenmesinde göz önüne alınan üç alternatif şunlardır:

1. İki uçta konvansiyonel sabit (veya kontrol edilebilen) hatveli pervane ve Vec-Twin tipi özel dümen.
2. İki uçta ikişer adet dönebilen iticiler.
3. İki içte birer adet sikloidal pervane kullanımı.

İstenenler:

- Sizce sevk/manevra sisteminin optimum seçiminde dikkat edilmesi gerekli olan kriterler neler olmalıdır? Bu kriterleri en az yedi, en çok onbir olacak şekilde aşağıdaki Tablo 1’ de sıralayınız.
- Her bir kriter için, mevcut olan üç alternatife göre bir karşılaştırma yapınız. Bu karşılaştırma için aşağıda Tablo 2’ de verilen Saaty’ nin dokuz aralıklı duyarlılık ölçeğini kullanınız. Verdiğiniz cevapları Tablo 3’ de yerine koyunuz.

Tablo 2. Dokuz aralıklı duyarlılık ölçeği

Önem Derecesi	Tanımlama
1	Eşit öneme sahip
3	Biraz daha önemli
5	Çok daha önemli
7	Çok fazla daha önemli
9	Olağan üstü fazla daha önemli
2,4,6,8	Her iki karar arasındaki ara değerler.

- Mevcut 3 alternatif için tüm kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerini belirleyiniz. Bu önem derecelerine değer verirken ya sayısal ya da en yüksek, çok yüksek, yüksek-çok yüksek, yüksek, oldukça yüksek, az çok yüksek, oldukça düşük, düşük-çok düşük, hiç gibi sözel değişkenleri kullanınız. Cevaplarınızı Tablo 4' de yerleştiriniz.

Tablo 1 Üç alternatif için kriterlerin belirlenmesi

No	Kriter Adı	A1	A2	A3
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

Tablo 4 Kriterlerin ikili karşılaştırma tablosu (Tablo 2' yi kullanarak)

No	Kriter Adı	A1	A2	A3
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

Tablo 1 Kriterlerin önem derecelerinin tayini

No	Kriter Adı	A1	A2	A3
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

ÖZGEÇMİŞ

12 Eylül 1972 tarihinde Adana’ da doğdu. 1987 yılında başladığı lise öğrenimini 1990 yılında Adana Karşıyaka Lisesinde tamamladı. Aynı sene İ.T.Ü. Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü’ nde lisans eğitimine başladı. 1995 yılında Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Mühendisi olarak lisans eğitimini tamamladı. Aynı sene İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Teknolojisi Mühendisliği anabilim dalında Araştırma Görevlisi olarak işe başladı. 1998 yılında evlendi. Halen gemi inşaatı anabilim dalındaki yüksek lisans eğitimi ile akademik görevini sürdürmektedir.

