



EGE ÜNİVERSİTESİ

DOKTORA TEZİ

**MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN
TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİMİ**

Serkan BALLI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Serdar KORUKOĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 619.01.00

Sunuş Tarihi: 28.06.2010

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN
TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİMİ**

Serkan BALLI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Serdar KORUKOĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 619.01.00

Sunuş Tarihi: 28.06.2010

Bornova-İZMİR

2010

Serkan BALLI tarafından **DOKTORA TEZİ** olarak sunulan “**MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİMİ**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve **28.06.2010** tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. Serdar KORUKOĞLU	
Raportör Üye	: Doç. Dr. Aybars UĞUR	
Üye	: Doç. Dr. Kadir ERTAŞ	
Üye:	: Yrd. Doç. Dr. Hasan BULUT	
Üye	: Prof. Dr. Mustafa DİLEK	

ÖZET

MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİMİ

BALLI, Serkan

Doktora Tezi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Serdar KORUKOĞLU

Haziran 2010, 158 sayfa

Bu tezde, günlük hayatta karşılaşılan karmaşık karar problemlerinin optimal olarak çözülebilmesi için melez zeki karar destek sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması konusu araştırılmıştır. Karar problemleri genel olarak birden fazla kriter içerir ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) algoritmaları kullanılarak çözülebilmektedir fakat bu problemler çoğu zaman belirsiz ve doğrusal olmayan özellikler içermektedir. Bu tür belirsizlik içeren durumlarda doğrusal olmayan özelliklerin modellenmesi için ÇKKV yöntemleri yetersiz kalmakta ve bulanık mantık, bulanık çıkarım ve yapay sinir ağları gibi yapay zeka tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Karar destek sistemleri (KDS) ise belirsizlik seviyesi yüksek olan bu tür karar problemlerini çözmek için analitik modeller kullanarak karar vericiye kolaylık sağlarlar.

Çalışmada melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştirimi için genel bir karar destek modeli önerilmiştir. İki farklı karmaşık karar problemi için ÇKKV ile yapay zeka tekniklerinin melez olarak birlikte kullanımı incelenmiş ve problemlerin çözümüne yönelik karar destek sistemleri geliştirilmiştir. Daha sonra geliştirilen melez zeki karar destek sistemlerinin gerçekleştirimi yapılmıştır. Sistem mimarileri ve deneysel sonuçlar örnekler üzerinde açıklanmıştır. Geliştirilen karar destek sistemlerinin iyileştirilmesi için yapılabilecekler ve diğer karar problemlerine nasıl uyarlanabileceği tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Karar Destek Sistemleri, Bulanık Mantık, Çok kriterli karar verme, Yapay Zeka, Bulanık analitik hiyerarşi süreci, TOPSIS.

ABSTRACT

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF
HYBRID INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS**

BALLI, Serkan

Ph.D. in Computer Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Serdar KORUKOĞLU

June 2010, 158 pages

In this thesis, developing and performing hybrid intelligent decision support systems has been studied to obtain optimal solution for the complex decision problems in daily life. Decision problems usually include more than one criterion and they can be solved using multi criteria decision making (MCDM) algorithms, however, these problems usually contain non-linear and uncertain attributes. In such undetermined cases, MCDM techniques are insufficient to model non-linear attributes therefore artificial intelligence techniques such as fuzzy logic, fuzzy inference and artificial neural networks are required. Decision Support Systems (DSS) provide simplicity using analytical models for decision makers to solve decision problems which have high uncertainty level.

In this study; a general decision support model has been proposed to design and implement hybrid intelligent decision support systems. Usage of MCDM and artificial intelligence techniques together has been examined for two different decision problems and decision support systems have been developed to solve these problems. Then implementation of developed hybrid intelligent decision support systems has been performed. System architectures and experimental results with illustrative examples are demonstrated. There is some important discussion on how the developed decision support systems can be improved and how they can be applied to other decision problems.

Keywords: Decision support systems, Fuzzy logic, Multi-criteria decision making, Artificial intelligence, Fuzzy analytic hierarchy process, TOPSIS.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışmanın ortaya çıkması için gerekli olan ortamın oluşmasını sağlayan, araştırmayı yönlendiren, zamanını ve yardımını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Serdar KORUKOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmam süresince araştırma ve geliştirmeye desteğini esirgemeyen, deneyimleri ve bilgileriyle yol gösterici olan Doç. Dr. Aybars UĞUR'a teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme toplantılarında jüri olarak görev alan Doç. Dr. Kadir ERTAŞ'a değerli önerileri ve çalışmaya olan katkıları için teşekkür ederim.

Çalışmalar sırasında bilgi ve görüşlerinden yararlandığım ve gerektiğinde yardımlarını esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Dr. Hasan BULUT'a ve arkadaşım Arş. Gör. Bahadır KARASULU'ya teşekkür ederim. Ayrıca Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde görevli değerli hocalarım, araştırma görevlisi arkadaşlarım ve idari personele ve tabi bu uzun çalışma süresi boyunca her zaman yanımda olan aileme de manevi desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Son olarak çalışmanın sunulduğu çeşitli bilimsel konferanslarda ve dergilerde yorumları ve olumlu eleştirileri ile çalışmanın önemli ölçüde geliştirilmesini sağlayan, burada adını sayamadığım yerli ve yabancı birçok bilim insanına teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxii
1.GİRİŞ	1
2. KARAR VERME, KARAR VERME ORTAMLARI VE MODELLERİ	8
2.1 Çok Kriterli Karar Verme	10
2.1.1 Çok Amaçlı Karar Verme	13
2.1.2 Çok Nitelikli Karar Verme	14
2.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	14
2.2.1 Analitik Hiyerarşi Süreci	14
2.2.2 TOPSIS Yöntemi	18
2.2.3 PROMETHEE Yöntemi	19
2.2.4 ELECTRE Yöntemi	21

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3. KARAR DESTEK VE ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİ	24
3.1 Karar Destek Sistemleri	24
3.1.1 Karar Destek Sistemlerinin Türleri	27
3.1.2 Web Tabanlı Karar Destek Sistemleri	28
3.1.3 Web Tabanlı Karar Destek Sistemlerinin Tasarımı	29
3.2 Zeki Karar Destek Sistemleri	32
3.2.1 Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler	34
3.2.2 Bulanık Karar Verme	42
3.2.3 Yapay Sinir Ağları	52
3.2.4 Genetik Algoritmalar	55
3.2.5 Melez Sistemler	56
3.3 Önceki Çalışmalar	60
4. MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN TASARIMI, GELİŞTİRME VE GENEL BİR MİMARİSİ	63
5. MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ	67
5.1 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Karar Destek Sistemi	67
5.1.1 Problemin Tanımı	68

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.1.2 Geliştirilen Web Tabanlı Bulanık Karar Destek Sisteminin Mimarisi.....	71
5.1.3 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Uygulaması.....	74
5.1.4 Sıralama işlemi ve sonuçların karşılaştırılması	87
5.1.5 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Paralleştirilmesi ...	89
5.1.6 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Sonuçları.....	94
5.2 Basketbol Oyuncusu Değerlendirme ve Seçimi İçin Karar Destek Sistemi...95	
5.2.1 Basketbol Oyuncularının Değerlendirilmesi ve Seçimi	97
5.2.2 Verilerin Toplanması.....	100
5.2.3 Geliştirilen Karar Destek Sistemleri.....	109
5.2.4 Sonuçların karşılaştırılması	122
5.2.5 Basketbolda Oyuncuların Değerlendirilmesi Probleminin Sonuçları.....	124
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	126
KAYNAKLAR.....	131
EKLER	150
Ek 1 Karar vericiler için değerlendirme formları	151
Ek 2 Türkçe - İngilizce Terimler Sözlüğü	154
ÖZGEÇMİŞ.....	158

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Karara ilişkin süreç modeli	8
2.2 Basit AHS Hiyerarşisi	15
3.1 Karar destek sistemlerinin karşılaştırılması.....	26
3.2 İstemci-sunucu yazılım mimarisi.....	30
3.3 Bilimsel arka plan	32
3.4 ZKDS teknolojik alt yapısı	33
3.5 Yaş özelliği için klasik ve bulanık küme gösterimi.....	35
3.6 Üyelik fonksiyonları (a) Üçgen (b) Yamuk (c) Gaussian (d) Çan eğrisi	36
3.7 Üçgen bulanık sayı, $\tilde{M}$	37
3.8 Bulanık çıkarım sistemi akış diyagramı	39
3.9 Bulanık karar verme süreci	43
3.10 M_1 ve M_2 'nin kesişimi	48
3.11 Temel nöron yapısı	54
3.12 Genetik algoritma yapısı.....	56
3.13 Sinirsel bulanık sistem.....	58
3.14 Bulanık sinirsel sistem.....	59
3.15 Genetik bulanık sistem	59

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.16 Genetik sinir ağı sistemi	60
4.1 Melez Karar Destek Sistemi Mimarisi	63
4.2 Bulanık üyelik fonksiyonu.....	64
4.3 Üçgensel bulanık dilsel ölçeklendirme	64
4.4 Önerilen modelin işlem adımları	65
4.5 Web Tabanlı Karar Destek Sistemi Mimarisi.....	66
5.1 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Hiyerarşisi.....	69
5.2 Web Tabanlı Karar Destek Sistemi Mimarisi.....	71
5.3 Kullanıcı etkileşimi ara yüzü	72
5.4 Veri Tabanı Mimarisi	73
5.5 Karar verme süreci.....	74
5.6 Giriş ekranı	75
5.7 Web-tabanlı karar destek sistemi menüsü	75
5.8 Üçgensel bulanık dilsel ölçeklendirme	76
5.9 Uzmanın ana kriterler için dilsel karşılaştırma değerleri.....	77
5.10 Ana kriter ağırlıkları	79
5.11 Her bir alt kriter için alternatiflerin değerlendirilmesi	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.12 Alternatiflerin BAHS yöntemine göre sıralanması	87
5.13 Alternatiflerin TOPSIS yöntemine göre sıralanması	88
5.14 Karar algoritması	90
5.15 Hızlanma grafiği	93
5.16 Verim grafiği	93
5.17 Problemin Hiyerarşisi	97
5.18 Geliştirilen modelin mimarisi	109
5.19 Dikey sıçrama için üyelik fonksiyonu	113
5.20 Kassal kuvvet için üyelik fonksiyonu	113
5.21 Hareket sürati için üyelik fonksiyonu	114
5.22 Reaksiyon zamanı için üyelik fonksiyonu	114
5.23 BKİ için üyelik fonksiyonu	114
5.24 VYY için üyelik fonksiyonu	115
5.25 Dayanıklılık için üyelik fonksiyonu	115
5.26 Anaerobik Güç için üyelik fonksiyonu	115
5.27 Adayların toplam performansı	117
5.28 SBS modeli	118

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.29 Geliştirilen SBS Modeli.....	119
5.30 Üç-boyutlu uzayda kural tabanı yüzeyi	121
5.31 Adayların toplam performansı	122
5.32 Uzman ve geliştirilen sistemler için sıra korelasyonu grafiği	124
A1 Ana kriterleri karşılaştırmak için kullanılan değerlendirme formu	151
A2 Teknik beceriler için kullanılan değerlendirme formu	151
A3 Fiziksel özellikler için kullanılan değerlendirme formu.....	152
A4 Teknik beceriler için aday oyuncularını değerlendirme formu.....	153

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Tipik Çok Kriterli Karar Matrisi.....	12
2.2 Temel 1-9 Ölçeği.....	16
2.3 Tutarlılık indeksi.....	17
3.1 Karar Destek Sistemlerinin özellikleri.....	26
3.2 KDS çeşitleri ve özellikleri.....	28
3.3 Yapay zeka tekniklerinin karşılaştırılması	57
4.1 Dilsel ölçeklendirme değerleri.....	65
5.1 Dilsel ölçeklendirme değerleri.....	76
5.2 Dilsel değerlerle oluşturulan bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	77
5.3 Bulanık ikili karşılaştırma matrisi	77
5.4 Bellek yönetimi alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	80
5.5 Süreç yönetimi alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	80
5.6 Depolama yönetimi alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi ...	80
5.7 Koruma ve güvenlik alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi ..	80
5.8 Yazılım özellikleri alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	80
5.9 Dağıtık yapı alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	80
5.10 Gereksinimler alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	81

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.11 Alt kriter ağırlıkları.....	81
5.12 Ana bellek için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	82
5.13 Sanal bellek için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	82
5.14 Süreç işleme için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	82
5.15 Çoklu-iş-parçacığı için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	83
5.16 CPU zamanlaması için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	83
5.17 Süreç senkronizasyonu için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	83
5.18 Kilitlenme için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	83
5.19 Dosya sistemi arayüzü için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	83
5.20 Giriş/Çıkış sistemi için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	83
5.21 Yığın bellek yapısı için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	84
5.22 Dosya sistemi gerçekleştirimi için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	84
5.23 Koruma için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	84
5.24 Güvenlik için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	84
5.25 Programlama arayüzü için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	84
5.26 Grafikselle kullanıcı arayüzü için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	84
5.27 Kullanılabilirlik ve destek için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	85

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.28 Uygulamalar ve araçlar için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	85
5.29 Dağıtık sistem yapısı için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	85
5.30 Dağıtık dosya sistemi için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	85
5.31 Dağıtık koordinasyon için bulanık ikili karşılaştırma matrisi	85
5.32 Temel gereksinimler için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	85
5.33 Lisanslama için bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	86
5.34 Alt kriterlere göre öncelik değerleri	86
5.35 Toplam ağırlıklı değerler	88
5.36 Homojen bilgisayarlar için süre, hızlanma ve verim değerleri.....	92
5.37 Fiziksel uygunluk kriterleri için ölçüm değerleri	100
5.38 Ana kriterler için ikili karşılaştırma matrisi.....	101
5.39 Fiziksel Uygunluk alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi	101
5.40 Teknik Beceriler alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi	102
5.41 Toplu Driller alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi.....	103
5.42 Top Sürme alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi	104
5.43 Pas alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi.....	105
5.44 Şut alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi.....	106

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.45 Ribaunt alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi	107
5.46 Maç gözlemi alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi	108
5.47 Bulanık ikili karşılaştırma matrisi	110
5.48 Fiziksel uygunluk kriterlerine ait bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	111
5.49 Her bir adayın teknik becerilere ilişkin öncelik değerleri	112
5.50 Fiziksel ölçüm değerlerine ait üyelik değerleri	116
5.51 Ana kriterlere ilişkin toplam ağırlıklandırılmış değerler	116
5.52 Aday oyuncuların sıralaması	117
5.53 YSA1 ve YSA2 çıktıları	120
5.54 SBKDS'nin bulduğu performans değerleri	121
5.55 SBKDS ve Uzman Kişi Sıralaması	122
5.56 Bulanık Çok Kriterli KDS ve Uzman Kişi Sıralaması	123

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Hareket(işlem) uzayı
A_i	Alternatifler
a_{ij}	A_i alternatifinin C_j kriterine göre performansı
a^o	En iyi alternatif
A^*	Pozitif ideal çözüm
A^-	Negatif ideal çözüm
A^k	A ikili karşılaştırma matrisinin k . kuvveti
B	Toplam Baskınlık Matrisi
b	Bias eşik değeri
C_j	Kriterler
$C_j(a_i)$	a_i alternatifi tarafından C_j kriterinin tatmin edilme derecesi
c_{kl}	Uyum matrisi
$\underline{c}$	Uyum eşik değeri
CC_i	Yakınlık katsayısı
D	Karar matrisi
$\tilde{D}$	Bulanık karar matrisi
d_i^*	Pozitif ideal çözüme olan uzaklık

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
d_i^-	Negatif ideal çözüme olan uzaklık
d_i	Beklenen sıra ile gözlenen sıra arasındaki fark
d_{kl}	Uyumsuzluk matrisi
$\underline{d}$	Uyumsuzluk eşik değeri
$D[a_i]$	a_i alternatifi için karar fonksiyonu
E	Sonuç uzayı
e^t	n boyutlu vektör
$F_j(a,b)$	Tercih fonksiyonu
G	Hedef kümesi
$g_j(a)$	Alternatifin kritere ilişkin değeri
H	Dilsel değişken
H_0	Sıfır hipotezi
H_1	Alternatif hipotez
K	Fayda uzayı
kg	Kilogram
L	Sentaktik kural
l	En küçük olası değer

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
m	En uygun değer
mt	Metre
M	Bulanık nicelik
$\tilde{M}$	Üçgen Bulanık Sayı
M_{gi}^j	Mertebe analizi değeri
n	Kriter sayısı
n_p	İşlemci sayısı
P	Olasılık uzayı
p_i	Tercih etme eşik değeri
pp_j	Tercih eşik değeri
Q	Sıçranan mesafe
q_i	Tercih etmeme eşik değeri
qq_j	Farksızlık eşik değeri,
r	Gerçek sayı
r_{ij}	Normalize karar matrisi
$\tilde{R}_k$	Bulanık üçgensel sayı
RI	Rastgele indeks

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
R^2	Regresyon eğrisinin uygunluk değeri
S	Durum uzayı
s	Regresyon standart hatası
S_i	Sentetik mertebe değeri
S_p	Hızlanma fonksiyonu
t	Student t istatistiği
TI	Tutarlılık indeksi
TO	Tutarlılık oranı
$T(H)$	H dilsel değerlerine karşılık gelen isim fonksiyonu
$T(1)$	Tek işlemci çalıştırıldığında geçen süre
$T(n_p)$	n_p adet işlemci çalıştırıldığında geçen süre
U	Bulanık değer uzayı
u	En büyük olası değer
v_{ij}	Ağırlıklandırılmış normalize matris
vv_j	Reddetme eşik değeri
$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$	M_1 ve M_2 'nin gerçekleşme olasılığı
W	Normalize edilmiş ağırlık vektörü

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
w	Öz vektör
w_{ij}	Ağırlıklandırılmış normalize matrisi
$\tilde{w}_{ij}$	Bulanık ağırlıklar
W_j	Göreceli önemlilik değerleri
W'	Ağırlık vektörü
$\tilde{W}$	Bulanık ağırlık matrisi
$w(C_i)$	Kriter ağırlığı (öncelik değerleri)
$w_{C_j}(a_i)$	Kriterlere göre alternatiflerin üyelik değerleri
X	Nesne kümesi
x_i	Girdi değerleri
$\tilde{x}_{ij}$	Birleştirilmiş bulanık değer
y	Çıktı değeri
y_i	i alternatifinin tüm kriterlere göre tatmin değeri
μ	Üyelik fonksiyonu
$\mu_F(u_i)$	u_i elemanının üyelik değeri
u_C	Sonuç üyelik değeri
$\varphi_j(a)$	a alternatifinin j'nci kritere göre konumu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$\varphi^+(a)$	Alternatif için pozitif sıralama değeri
$\varphi^-(a)$	Alternatif için negatif sıralama değeri
$\varphi(-)$	Aktivasyon fonksiyonu
$\Pi(a, b)$	Toplam tercih fonksiyonu
ε	Verim fonksiyonu
ρ	Spearman sıra korelasyon katsayısı
$\lambda_{\max}$	En büyük öz değer
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
ASP	Active Server Pages
BAHS	Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
BKİ	Beden Kitle İndeksi
CGI	Common Gateway Interface
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DSS	Decision Support System

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ELECTRE	Elimination and Choice Expressing Reality
HTML	Hypertext Markup Language
KDS	Karar destek sistemi
LAMP	Linux, Apache, MySQL, PHP
LAN	Local Area Network
MCDM	Multi Criteria Decision Making
MPI	Message Passing Interface
PHP	Hypertext Preprocessor
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
SQL	Structured Query Language
SBKDS	Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi
SBS	Sinirsel Bulanık Sistem
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VCL	Visual Component Library
VYY	Vücut Yağ Yüzdesi
WAN	Wide Area Network

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
WWW	World Wide Web
XML	Extensible Markup Language
YSA	Yapay Sinir Ağı
ZKDS	Zeki Karar Destek Sistemleri

1. GİRİŞ

İnsanlar hayatları boyunca karşılarına çıkan her durumda karar vermek zorunda kalırlar. Bu kararlar, içinde bulunulan duruma göre basit veya karmaşık olabilir. Karar verme mevcut alternatifler arasından en iyi tercihi yapabilme becerisidir. Karar verirken bazı durumlarda sonuçlar belliyken veya olasılıksal olarak kestirilebilirken genelde karmaşık karar problemlerinde sonuç kestirilemez ve belirsizlik hakimdir. Sağlıklı ve tutarlı kararların alınabilmesi, gerekli olan bilgilerin doğru, etkili ve zamanında değerlendirilmesine bağlıdır. Bu da bilgi sistemlerinin tasarlanması ile mümkündür. Karar destek sistemi (KDS) bir bilgi sistemi olup, özellikle belirsizlik seviyesi yüksek olan kararlar için analitik modeller kullanarak karar vericiye destek sağlamaktadır. Günümüzde global internetin gelişmesi, KDS erişebilirliğini arttırmıştır. Bu yüzden Web tabanlı teknolojiler her çeşit karar destek sistemi için tasarım, geliştirme ve gerçekleştirme aşamalarında büyük bir öneme sahiptir. Web tabanlı teknolojiler daha fazla erişebilirliğin yanı sıra KDS için yüksek oranda açıklık ve esneklik sağlamaktadır.

KDS modeli olarak; kural-tabanlı sistemler, çerçeve(frame) tabanlı sistemler, semantik ağlar, yapay sinir ağları ve Bayes inanç ağları (Bayesian belief networks) gibi yaklaşımlar kullanılabilir. Fakat bu yaklaşımların; uzun tepki süresi, bilgiyi güncellemenin zorluğu, eş zamanlı kullanıcılar için kullanım zorluğu, bazı durumlarda bulunan sonucun kalitesinin düşük ve anlamsız olması gibi sorunları vardır. Bu yüzden bu model ve algoritmalar çoğu zaman karar problemlerinde oldukça kötü bir yaklaşım sergilemektedirler. Bu tür karar problemleri genel olarak birden fazla kriter içerir ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) algoritmaları kullanılarak çözülebilmektedir.

Çoğu karar probleminde çözüm için tek bir kriter değil birden fazla kriter bulunmaktadır. Karar verici, bu tür problemleri modelleyebilmek, karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve sonucu mümkün olduğu kadar kolay ve hızlı bir şekilde elde edebilmek için Analitik Hiyerarşi Süreci(AHS), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) ve ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality) yöntemi gibi ÇKKV tekniklerini kullanabilmektedir. KDS’de yaygın olarak karar problemlerini modelleyebilmek, verilen alternatifleri ilgili kriterlere göre değerlendirmek ve sıralamasını yapmak için ÇKKV teknikleri kullanılmaktadır. Fakat ÇKKV

algoritmaları da; eğer problem belirsiz ve doğrusal olmayan özellikler içeriyorsa yetersiz kalmaktadır. Böyle durumlarda uygun bir şekilde karar verilmesi oldukça zordur ve daha iyi bir seçme yeteneği gerekmektedir. Bu tür belirsizlik içeren durumlarda ÇKKV algoritmaları ile birlikte doğrusal olmayan özelliklerin modellenmesi için bulanık mantık, bulanık çıkarım ve yapay sinir ağları gibi yapay zeka tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknikler sistemin eksik ve zayıf yönlerini tamamlayarak KDS'nin geçerliliği konusunda etkin rol oynarlar. Bu tipteki melez yöntemler kullanan karar destek sistemlerine Zeki Karar Destek Sistemleri (ZKDS) denilmektedir. Son zamanlarda ÇKKV problemlerinin çözümünde yapay zeka tekniklerinin de kullanılması ÇKKV'nin kullanım alanını genişletmiştir. Karar vericiden alınacak bilgiler belirli ya da belirsiz bilgiler olabilir. Belirsiz olduğu durumlarda bulanık kümeler devreye girerek belirsizliğin modellenmesi sağlanır. Yapay sinir ağları, karar destek sistemlerinde kriterler ve alternatifler arasındaki örüntünün belirlenmesinde, genetik algoritmalar ise KDS fonksiyonlarının optimizasyonunda kullanılmaktadırlar. Bahsedilen yapay zeka tekniklerini; bir tekniğin eksik yönlerini diğer tekniğin avantajları ile kapatarak birleştirmek işe yarar ve etkin bir yaklaşımdır. Bu şekilde melez zeki karar destek sistemleri elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada günlük hayatta karşılaşılan karmaşık karar problemlerinin optimal olarak çözülebilmesi için ÇKKV ile yapay zeka tekniklerini bir arada kullanarak melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştiriminin nasıl yapılacağı incelenmiş ve bunun için genel bir karar destek tasarım modeli önerilmiştir. Daha sonra önerilen model iki farklı karmaşık karar problemi ele alınarak uygulanmıştır. Birinci problem “İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Seçimi Problemi”, ikinci problem ise “Basketbolda Oyuncuların Değerlendirilmesi ve Seçilmesi”dir. Bu karar problemlerinin çözümüne yönelik melez zeki karar destek sistemlerinin mimarisinin tasarlanması, geliştirilmesi ve uygulanması gerçekleştirilmiştir. Sistem mimarileri ve deneysel sonuçlar örnekler üzerinde açıklanmıştır. Son olarak geliştirilen karar destek sistemlerinin iyileştirilmesi için yapılabilecekler ve diğer karar problemlerine nasıl uyarlanabileceği tartışılmıştır.

Karmaşık karar problemlerinin optimal olarak çözülebilmesi için melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştirimi ve uygulanmasını hedef alan tezin katkıları şu şekilde sıralanabilir:

1. Melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştirmesi için genel bir karar destek tasarım modeli önerilmiştir.
2. Önerilen model nicel veya nitel kriterlerin her ikisini de kullanabilmektedir. Nicel kriterler için bulanık üyelik fonksiyonları kullanılırken, nitel kriterler için ise bulanık dilsel ölçeklendirme geliştirilmiştir.
3. İki farklı karmaşık karar problemi ele alınarak çözümüne yönelik karar destek modelleri oluşturulmuştur. Ele alınan birinci problemde bulanık ortamda işletim sistemlerinin teknik özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmesi ve seçilmesi üzerinde durulmuştur. Geliştirilen model BAHS ve TOPSIS yöntemlerini karar destek sisteminde kullanmaktadır (Ballı and Korukoğlu, 2009).
4. Birinci probleme ek olarak ayrıca ÇKKV tabanlı, bilgi güdümlü ve model güdümlü KDS'lerin uygun elemanlarını içeren özel bir alana yönelik bir web tabanlı karar destek sistemi geliştirilmiştir. Burada amaç, karar destek yazılımının yardımı ile karar verme kalitesini arttırmaktır. BAHS ana ve alt kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve her bir işletim sisteminin dilsel (sözel) değerlerle kullanıcı tarafından değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Değerlendirme süreci kesin olmayan bilgiler ve sübjektif yargılar içermektedir. Bundan dolayı BAHS bulanık dilsel değerler kullanarak gerçekçi bir değerlendirme sağlamıştır. Son olarak genel sıralama hem BAHS hem de TOPSIS yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. TOPSIS ile elde edilen sıralama BAHS ile elde edilenden daha açık ve kesindir. Buradan TOPSIS'in alternatifler arasındaki sıralamayı elde edebilmek için daha uygun bir yöntem olduğu grlmştir.
5. Geliştirilen web tabanlı karar destek sistemi, karar vericiler için kullanımı ve erişimi kolay ve diğerlerine göre daha rahat ve düzenli bir karar verme ortamı sunmaktadır. Ayrıca kurulum gerektirmez ve online karar destek sağlamaktadır. ÇKKV, karar vericilere amaçlarını, önceliklerini sistematik olarak tanımlayabilmesi ve bu amaçlara ulaşabilmek için alternatifler geliştirmesi için yardımcı olan bir metodolojidir. Karar destek sisteminin etkisi bir karar ele alındığında ortaya çıkmaktadır ve değerlendirilecek alternatiflerin sayısının artması ile karakterize edilmektedir. Bu bağlamda, yapılan araştırmalardan web-tabanlı sistemin önemliliği ortaya çıkmaktadır.

Web teknolojisi kullanılması ile alternatif tercihleri ve değerlendirilmesi uniform olarak yapılmakta ve benzer alternatiflerin de her zaman aynı yolla değerlendirilmesi garanti altına alınmaktadır. Ek olarak her karar vericinin aynı web tabanlı sistemi ve kuralları kullanması ile süreç yönetimi de daha uniform ve standart hale gelmektedir. Çalışmada geliştirilen web-tabanlı KDS, ÇKKV yöntemlerinin geniş bir erişilebilirlik ve kullanılabilirlik ile uygulandığı bir platformdur.

6. Daha sonra bu sisteme ek olarak, çok sayıdaki BAHS hesaplamalarını daha kısa zamanda yapabilmek için paralel hesaplama yöntemi geliştirilerek sistemin daha hızlı çalışması sağlanmış, verim ve başarıyı arttırılmıştır.
7. Ele alınan ikinci problemde ise spor bilimlerinde oyuncuların seçilmesi ve değerlendirilmesi için yeni modeller geliştirilmiştir. Birinci model, bulanık ortamda basketbol oyuncularının performanslarının değerlendirmek ve yetenekli olanları seçmek için ÇKKV metodolojilerinin melez kullanılmasını ele almaktadır.
8. Spor bilimlerinde oyuncu değerlendirilmesi ve seçimi problemi için ilk defa bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak bir karar destek modeli geliştirilmiştir. Oyuncuların seçilme sürecinde kesin bilgi gerekmektedir fakat bu süreç genelde eksik, belirsiz ve sözel değerlerden oluşmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için geliştirilen ilk modelde BAHS ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır.
9. Geliştirilen model birden fazla karar vericinin olduğu durumlarda grup karar vermeyi de desteklemektedir.
10. Çalışmada aynı zamanda nitel ve nicel kriterlerin bulanık kümeler kullanılarak nasıl bir arada kullanılabileceği konusunda çözüm üretilmiştir. Geliştirilen model ilk önce küçük bir aday kümesi üzerinde uygulanmış ve elde edilen sonuçlar daha büyük aday kümeleri üzerinde uygulanabileceğini göstermiştir.
11. Aynı problem için ayrıca bir sinirsel-bulanık karar destek sistemi (SBKDS) de geliştirilmiştir. Bulanık kümeler ve yapay sinir ağı (YSA) yöntemlerinin herhangi bir amaca yönelik olarak, bir arada kullanımı birçok uygulamada mevcuttur. Bu iki temel konunun, sahip oldukları birbirini

tamamlayıcı özellikler, oldukça geniş bir alanı kapsayan uygulamaları ortaya çıkarmıştır. Çalışmada, yapay sinir ağları ve bulanık mantık kombinasyonu ile melez bir eşzamanlı SBKDS geliştirilmiştir. Burada fiziksel olarak ölçülebilen ve gözlem yoluyla elde edilen kriterlerin iki bağımsız parça şeklinde değerlendirilmesi ve sonra bulanık çıkarım sistemi ile kurallara göre birleştirilmesi yapılmıştır. Karmaşık verinin analizi ve modellenmesinde meydana gelebilecek farklılıklar bulanık mantık kullanılarak azaltılmış ve fiziksel ve gözlem yoluyla elde edilen kriterler bulanık kümelerle modellenmiştir. YSA ise, kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde ve kuralların birleştirilmesi için kullanılmıştır (Ballı vd. 2009).

12. Bulanık Çok Kriterli KDS ve SBKDS'nin bulduğu sonuçlar uzman kişi ile karşılaştırılmış ve istatistiksel testler gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen Bulanık Çok Kriterli KDS modelinin daha uygun olduğu görülmüştür. Model aynı zamanda seçme ve karar verme sürecinin daha gerçekçi ve güvenilir olmasını sağlamıştır.
13. Geliştirilen karar modellerinde kullanılan ÇKKV yöntemlerinin avantajı hem nicel hem de nitel kriterleri bir arada değerlendirmeye olanak sağlamasıdır. Ele alınan problemler için geliştirilen modellerin belirsiz bilgiyi işleyebilmesi gerekir çünkü bu problemlerin temel karakteristiği bulanıklık ve belirsizliktir. Uzman ve karar vericiler kesin değerler yerine kesin olmayan tercih yapıları kullanırlar ve bu yüzden nitel tercihlerin tahmin yoluyla nicel değerlere dönüştürülmesi akla yatkın değildir. Bu durumda BAHS uzman tercihlerinin ifade edilmesinde daha esnek ve yeteneklidir. Kriter ağırlıklarının kullanılması ile önemli kriterlerin öne çıkması ve sonucun daha hassas olmasını sağlar. BAHS, karar vericinin sübjektif yargılarını dikkate alarak gerçeğe en yakın şekilde ifade eder ve karar sürecindeki belirsizliği en aza indirir. TOPSIS ise akla yatkın ve anlaşılır bir sıralama yöntemidir. Hesaplama işlemleri kolaydır ve tüm kriterlere göre en iyi alternatif arayışı basit bir matematiksel formda ifade edilir. Literatüre göre, çok sayıda alternatif olması durumunda çok sayıda ikili karşılaştırma yapılacağından AHS-BAHS bazı durumlarda kullanışsız hale gelmektedir. Bu yüzden ele alınan problemlerde çok sayıda ikili

karşılaştırmayı önlemek ve son sıralama sonuçlarını elde etmek için TOPSIS yöntemi kullanılmaktadır.

14. Ele alınan karar problemleri için literatür, durum çalışmaları ve olanaklar temel alınarak belli prensipler açık bir şekilde formüle edilmiş ve özel karar verme modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin kullanımı basit ve veri toplama kolaydır. Karar problemlerinin çözümü için gerekli olan kolaylık sağlanmış, kullanılabilirliği onaylanmış ve sonuçların tutarlı olduğu gözlemlenmiştir. Yani iyi kalitede karar verme sağlanmıştır. Böylelikle geliştirilen modellerin karar verme aracı olarak kullanılmasının uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca dilsel değer tabanlı çok kriterli karar verme yöntemi sistemi basitleştirmiştir. Kullanıcılar tercih ve tecrübe ve düşünce ve yargılarını dilsel terimlerle ifade edebilmektedirler. Bulanık kümeler kullanarak karar modelinin tam olmayan, eksik ve belirsiz bilgiye de tolerans göstermesi ve sistemin kolay kullanılabilir olması sağlanmıştır. Geliştirilen karar modelleri benzer özellikteki karar problemlerine rahatlıkla uygulanabilir.

Tez sürecinde farklı problemler için ortaya konan çalışma ürünlerinin tanıtıldığı, savunulan fikirlerin, elde edilen bulguların ve deneyimlerin aktarıldığı bilimsel yayınlar aşağıda sunulmuştur. Tezin ilerleyen bölümlerinde listelenen bu yayınların her birine değinilmektedir:

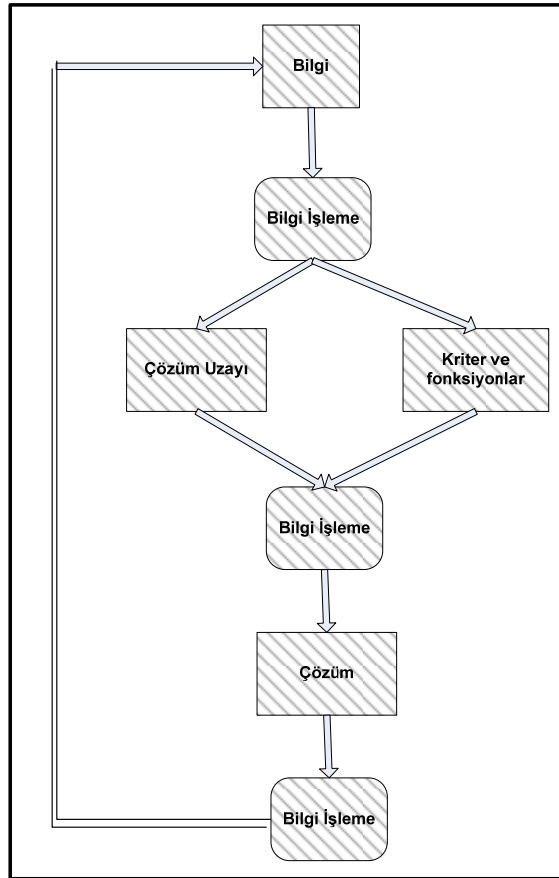
1. Ballı S. and Korukoğlu, S., 2009, Operating System Selection Using Fuzzy AHP and TOPSIS Methods, *Mathematical and Computational Applications*, 14(2): 119-130.
2. Ballı, S., Karasulu, B., Uğur, A. ve Korukoğlu, S., 2009, Basketbolda Oyuncu Seçimi İçin Sinirsel Bulanık Karar Destek Sistemi, *İTÜ Dergisi Mühendislik Serisi*, 8(1): 15-25.
3. Ballı, S., Uğur, A. ve Korukoğlu, S., 2009, İnsan Kaynakları Yönetiminde Performans Değerlendirme İçin Bir Bulanık Uzman Sistem Gerçekleştirimi, *Ege Akademik Bakış*, 9(2): 837-849.
4. Korukoğlu, S., Ballı, S. ve Korukoğlu, A., 2008, Emeklilik Fonlarının Performans Değerlendirmesinde Bulanık Uzman Sistem Kullanımı, *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 23(2): 213-227.

5. Ballı, S., Karasulu, B. ve Korukoğlu, S., 2007, En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık PROMETHEE Yöntemi Uygulaması, *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 22(1): 139-147.
6. Karasulu, B., Ballı, S., Korukoğlu, S. ve Uğur, A., 2008, Kutup Dengeleme Problemi İçin Yüksek Başarımlı Bir Optimizasyon Tekniği, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(2): 175-183.
7. Karasulu, B., Ballı, S., Korukoğlu, S. ve Uğur, A., 2007, Yapı ve Başarım Açısından Modern Sinirsel-Bulanık Sistemlerin Karşılaştırılması, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi, İzmir, s. 347-352.
8. Ballı, S., 2006, Developing Computer Aided Model For Selecting Players in Basketball, In Proceedings of the Ninth International Sports Sciences Congress, Mugla, Turkey, pp. 588-590.

Tezin ikinci bölümünde karar verme, karar verme ortamları, ÇKKV ve yöntemleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde karar destek sistemlerinin tarihçesi, gelişimi ve türleri, web tabanlı karar destek sistemlerinin tasarımı, zeki karar destek sistemleri anlatılmış ve kullanılan yapay zeka teknikleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca bulanık mantık kullanılarak oluşturulan bulanık karar verme ve bulanık ÇKKV teknikleri üzerinde durulmuş ve bu konularda farklı alanlarda gerçekleştirilmiş önceki çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı için önerilen karar verme modeli, gerekli alt yapı, sistemin geliştirilmesinin nasıl yapılacağı ve genel bir tasarım mimarisi anlatılmıştır. Beşinci bölümde ele alınan karar problemleri ve bunlara yönelik geliştirilen melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımları, mimarileri ve gerçekleştirmeleri detaylı olarak anlatılmıştır. Altıncı bölümde çalışmaya ilişkin sonuçlar ve geliştirilen melez zeki karar destek sistemlerinin iyileştirilmesi için yapılabilecekler ve diğer karar problemlerine nasıl uyarlanabileceği tartışılmıştır.

2. KARAR VERME, KARAR VERME ORTAMLARI VE MODELLERİ

Karar teorisi matematik ve istatistikte; verilen bir karardaki değerlerin, belirsizliklerin, ortamın ve problemle ilgili diğer sorunların belirlenmesi, kararın rasyonelliği ve optimal sonucun elde edilebilmesi ile ilgilenir. Karar kelimesinin çok çeşitli anlamları vardır ve bu anlamlar bu kelimeyi bir avukatın, bir iş adamının, bir psikiyatrisin, bir mühendisin ya da bir istatistikçinin kullanımına göre değişmektedir. Birine göre yasal bir durum, diğerine göre matematiksel bir model, bir diğerine göre doğal bir davranış ya da bilgi işlemenin bir sonucu olabilir (Zimmermann, 1996a). Genel tanım olarak şu şekilde açıklanabilir: Karar verme, tercih yapma sanatıdır. Birden fazla boyutlu olay ve olayların var olduğu durumlarda seçim yapmaktır (Bağırkan, 1983). Karar verme, matematiksel olarak şu beşli gösterimle özetlenebilir: $D(A, S, E, K, P)$. Burada A hareket(işlem) uzayı, S durum uzayı, E sonuç uzayı, K fayda uzayı, P ise olasılık uzayıdır (Zimmermann, 1996b). Karar vermede problem çözme bir bilgi işleme sürecidir. Bir karara ilişkin süreç modeli Şekil 2.1'deki gibidir (Zimmermann, 1987):



Şekil 2.1 Karara ilişkin süreç modeli

Mevcut bilgiler işlenerek çözüm uzayında kriter ve fonksiyonlara bağlı olarak değerlendirilir. Değerlendirme sonunda elde edilen bilgiler doğrultusunda çözüme ulaşılır. Elde edilen çözüm daha sonraki karar sürecinde tekrar bilgi olarak kullanılabilir. Bilişsel tabirle karar verme, deneysel, tanımlayıcı, istatistiksel olmayan, içerik bağımlı bir işlemdir. Bu yüzden karar verme süreci de özel, zaman alıcı ve içerik bağımlı bilgi işleme gerçekleştiren problem çözme sürecine çok benzemektedir (Zimmermann, 1991). İnsan karar verme süreci, bilgisayar sistemine benzer olarak veri ve bilgi ile beslenerek çalışır ve gerçekleştirilen bilgi işleme süreci sonunda sonuç elde edilir.

Karar vermenin genel özellikleri aşağıdaki gibidir (Bağırkan, 1983) :

- Problem veya problemlerin çözümünü amaçlayan bir işlemdir,
- Bir taraftan bir değerlendirmenin sonucu, diğer taraftan, yeni bir olayın başlangıç noktasını sağlayan bir işlemdir,
- Geçmiş değerlendirilerek gelecek için yapılmış bir işlemdir,
- Planlama ve programlama işlemdir,
- Bireysel veya grup olarak yapılan bir işlemdir,
- Sonucu kesin olarak saptanamayan olaylar üreten bir işlemdir,
- Çeşitli mantıksal analizlerin yer aldığı bir işlemdir.

Karar verirken nasıl bir ortam içinde bulunulduğunun saptanması gerekir. Karar verme ortamları üç çeşittir;

-Belirlilik ortamında karar verme,

-Risk ortamında karar verme,

-Belirsizlik ortamında karar verme.

Belirlilik durumunda verilecek kararlar için, ortaya konulan her seçeneğin sonuçlarına ilişkin tam bir bilgi vardır. Olasılıklar göz önünde tutularak yapılan

strateji seçimi risk ortamında (stokastik) karar vermedir. Çeşitli karakterdeki problemlerin çözümlenebilmesi için verilen kararların arzu edildiği biçimde gerçekleşmesi kesin bir şekilde tanımlanamayan etkenlere bağlı ise, böyle durumlarda belirsizlik durumunda karar vermeden söz edilmektedir. Gerçek hayattaki karar problemlerinde hedeflerin, kısıtların ve herhangi bir davranışa ait sonuçların belirsiz olduğu bir ortam vardır (Zimmermann, 1987). Bunun yanı sıra bu ortamlarda genelde birden fazla kritere göre değerlendirme yapılır. Çok kriterli karar verme ile ilgili ayrıntılar bir sonraki alt bölümde ele alınacaktır.

2.1 Çok Kriterli Karar Verme

Karar verirken bazı problemlerin çözümünde alternatiflerin seçimi için tek bir kriter değil birden fazla kriter mevcut olabilir. Bu durumda tanımlayıcı karar verme teorisi ve modelleri karar vericiye sınırlı düzeyde rasyonellik (mantıklılık) sağlarlar. Davranışı optimize etmek yerine herhangi bir cevap verebilmeyi öngörürler (Zimmermann, 1987). Bunun için karar verici bu tür problemlerde ÇKKV tekniklerine ihtiyaç duymaktadır. ÇKKV analizi optimize edilen seçim modelini zenginleştirir ve amaç fonksiyonunun matematiksel varsayımlarının daha gerçekçi olarak gösterilebilmesini sağlar. ÇKKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç alternatif ve parametre (kriter) sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir.

ÇKKV yöntemleri, 1960’larda geliştirilmeye başlanmıştır ve kullanıldıkları temel karar problemleri şunlardır:

- En iyi alternatifin seçimi
- Kümeleme (veya sınıflandırma)
- Alternatiflerin doğrusal sıralanması
- En iyi alternatifi içeren grubun seçilmesi
- Grup sıralama yani tabakalaşma
- Belirsiz durumlarda alternatif seçimi

Günümüzde ise ÇKKV teknikleri karar modeli olarak birçok karar problemi için uygulanmaktadır ve kullanım alanları şunlardır:

- Tıbbi teşhis
- Örüntü tanıma
- İnsan kaynakları yönetimi
- Üretim sistemleri yönetimi
- Pazarlama
- Çevre ve enerji yönetimi
- Finans yönetimi ve ekonomi
- Bilgisayar Bilimleri (İşletim sistemleri, proje ve yazılım geliştirme, RFID, vb)

ÇKKV yöntemleri verilen alternatifleri aynı kriterlere göre karşılaştıran ve sıralamasını belirleyen algoritmalarlardır. ÇKKV algoritmalarında temel bileşenler; alternatifler, kriterler, ağırlıklar ve bir karar matrisidir. Herhangi bir ÇKKV tekniği 3 aşamadan oluşur:

- 1) Konu ile ilgili kriter ve alternatifler belirlenir,
 - 2) Kriterlerin nispi önem dereceleri(ağırlıkları) belirlenir,
 - 3) Her bir alternatif tüm kriterlere göre işleme girer ve sıralanır.
- (Triantaphyllou vd, 1998)

Örnek bir karar matrisi Tablo 2.1’de gösterilmiştir. Buna göre D bir $m \times n$ karar matrisi olmak üzere, a_{ij} değerleri A_i alternatifinin C_j kriterine göre performansını gösterir ($i=1,2,3,...,m$ ve $j=1,2,3,...,n$). Kriterlerin göreceli önemlilik değerleri W_j karar verici tarafından belirlenir($j=1,2,3,...,n$).

Tablo 2.1 Tipik Çok Kriterli Karar Matrisi

	C_1	C_2	C_3	...	C_n
	W_1	W_2	W_3	...	W_n
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
....	...	...	...	...	...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	...	a_{mn}

ÇKKV yaklaşımlarının başarısı iki duruma bağlıdır:

- Kullanıcının yaklaşımı kolayca anlayabilmesi ve kullanabilmesi için karar destek sisteminin geliştirilmesi,
- Sağladığı karar desteğin kalitesi.

ÇKKV yöntemlerinde kriter ve alternatiflerin nihai değerlendirilmesi gerçek sayılarla ifade edilir ve alternatif, kriterleri tümüyle tatmin eder veya etmez klasik mantığıyla karar verme gerçekleşir. Tipik olarak ÇKKV, alternatifler kümesi arasından, karar kriterlerine göre en uygun olanının seçilmesi ile ilgilenir. ÇKKV modelleri karar uzayının sürekli ve kesikli olmasına göre genel olarak iki alt alana ayrılır:

a) Çok Amaçlı Karar Verme (Multi Objective Decision Making)

b) Çok Nitelikli Karar Verme (Multi Attribute Decision Making)

Kesikli karar uzayında sonlu sayıda olası eleman bulunur ve önceden tanımlanan alternatiflerin değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Sürekli karar uzayında ise değer fonksiyonu optimize edilir ve bu fonksiyon doğrusal ve doğrusal olmayan olarak iki türde olabilir. Çok Amaçlı Karar Verme’de karar uzayı sürekli iken, Çok Nitelikli Karar Verme’de ise karar uzayı kesiklidir. Sonraki alt bölümlerde bunlar ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2.1.1 Çok Amaçlı Karar Verme

Çok Amaçlı Karar Verme(ÇAKV), karar uzayının sürekli olması ile ilgilenir. Tipik bir örnek, çok amaçlı fonksiyonlarla matematiksel programlama problemleridir. Bu yöntemden ilk olarak “vektör-maksimum” problemlerinde bahsedilmiştir (Zimmermann, 1996a). Vektör-maksimum problemi şöyle tanımlanır (Ammar, 2005):

$G=\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ amaçların oluşturduğu küme ve $A=\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ çözüm uzayı yani alternatiflerimizin kümesi olsun. $G(a)=(g_1(a), \dots, g_n(a))$ vektörü, alternatiflerin amaçlara uyan değerlerini göstermektedir. Maksimum $G(a)$ vektörünü sağlayan alternatif optimal alternatif olarak seçilir:

“maksimum” $\{G(a) | a \in A\}$

Vektör-maksimum optimizasyonu iki aşamadan oluşur:

- 1) Olası alternatifler belirlenir,
- 2) Uygun optimal bir alternatif seçilir.

Vektör-maksimum optimizasyonuna göre uygun optimal çözümün belirlenmesi lineer programlama problemlerinde kullanılır. Bu çözüme göre en çok bilinen üç yaklaşım şunlardır:

- Fayda Yaklaşımı
- Hedef Programlama
- Etkileşimli (Interaktif) Yaklaşımlar

Bu yaklaşımlardan ilk ikisi, karar vericinin, bireysel amaç fonksiyonları arasından kendi tercih ettiği fonksiyonu ya da fonksiyonları belirlemesini öngörür. Genellikle bu iki yaklaşıma göre bireysel amaç fonksiyonlarının lineer kombinasyonu bizi en yüksek değerli faydaya ulaştıracaktır. Üçüncü yaklaşım ise uygun optimal sonuca ulaşmak için bireysel(kendi tercihi) değil sadece o konu hakkındaki genel bilgileri kullanır.

2.1.2 Çok Nitelikli Karar Verme

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV), kesikli karar uzayına sahip problemlerde kullanılır. Bu tür karar problemlerinde, karar alternatifleri önceden tanımlanır. (Zimmermann,1996a)

Genel olarak ÇNKV modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$A=\{a_i | i=1,...,m\}$ karar alternatiflerinin bir kümesi ve $C=\{C_j | j=1,...,n\}$ amaçlanan hedefin kriterler kümesi olsun.

Tanımlanan tüm kriterlere bağlı kalınarak amacınıza uygun alternatifler arasından en büyük dereceye sahip bir optimal alternatifinin bulunması gerekir.

ÇNKV yaklaşımı genel olarak aşağıdaki iki aşamayı içermektedir:

1- Hedefe göre tüm kriter ve karar alternatifleri için hükümlerin (yargı) bir araya getirilmesi(toplanması)

2- Bu hükümlere göre karar alternatiflerinin sıralı olarak sunulması

ÇNKV yöntemlerinde alternatifler, kriterler ve sonuçlar gerçek sayılarla ifade edilirler. Literatürde çok sayıda ÇNKV yöntemi bulunmaktadır ve her bir yöntemin kendine özgü karakteristiği vardır. Genel olarak kullanılan ve en basit ÇNKV yöntemlerine Ağırlıklandırılmış Toplam Yöntemi ve Ağırlıklandırılmış Çarpım Yöntemi örnek verilebilir.

2.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

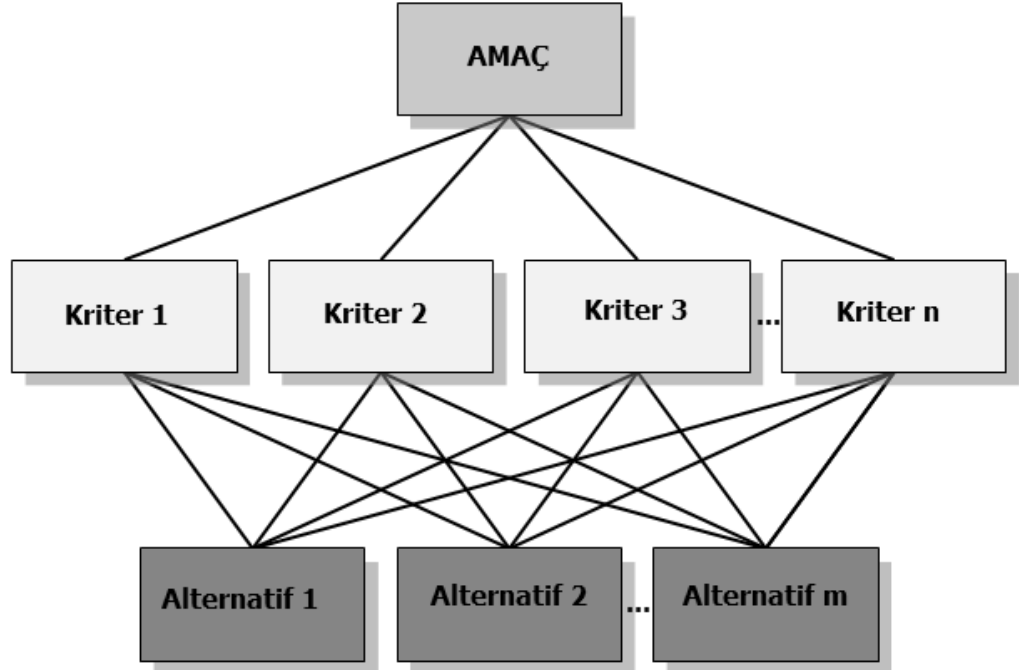
Bu bölümde literatürde en fazla kullanılan ÇKKV yöntemlerinden AHS, TOPSIS, PROMETHEE ve ELECTRE yöntemleri ele alınacaktır.

2.2.1 Analitik Hiyerarşi Süreci

Saaty(1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci iyi bilinen ve en fazla kullanılan ÇKKV yöntemlerinden birisidir. Karar problemini sistematik bir şekilde göstermek için hiyerarşik veya ağ yapısını kullanır ve karar vericilerin yargılarına göre alternatiflerin için öncelikler oluşturulmasını sağlar. Karmaşık

karar problemlerinin yapılandırılmasını, kriterlerin belirlenmesini, kriterlerin arasındaki etkileşimin ölçülmesini ve son olarak eldeki tüm bilgilerin tercihleri belirleyen önceliklere sentezlenmesini sağlar (Dyer, 1990; Saaty, 1986, 1987, 1990; Park and Han, 2002).

AHS'nin teorik olarak oturmuş bir altyapısı vardır ve çok geniş alandaki karmaşık durumlar için daha iyi kararlar alınması açısından başarısı kanıtlanmıştır (Golden et al., 1989; Zahedi, 1986; Forman and Gass, 2001; Vaidya and Kumar, 2006). AHS'nin öne çıkan özelliği metodolojik güvenilirliği ve kullanıcı dostu olmasıdır. Kullanım kolaylığı, tasarım karakteristiklerinin birleşiminden oluşmuş olmasından ileri gelir. AHS karar problemini Şekil 2.2'deki gibi hiyerarşik ve organizasyonel bir yapı olarak ifade eder.



Şekil 2.2 Basit AHS Hiyerarşisi

Bütün girdiler, elemanlar arasındaki ikili karşılaştırmalardan ibarettir. Genelde bu tarz ikili karşılaştırmalarda subjektif yargılara göre iki elemandan biri öne çıkar (Reynolds and Jolly, 1980). Buradan elde edilecek çıktıyı anlamak kolaydır çünkü çıktı ikili karşılaştırmalardan elde edilen basit ölçeklendirmelere dayanmaktadır. Yargıların tutarlılığı için bir ölçü vardır, bununla yapılan analizin güvenilirliği kontrol edilir ve böylece prosedür ile ilgili hata yapma şansı azaltılmış olur (Dolan, 2008).

AHS’de karar vericinin ikili karşılaştırmalı önemlilik yargıları için Tablo 2.2’de verilen ve Saaty (1977) tarafından geliştirilen Temel 1-9 Ölçeği kullanılır. Bu değerler yardımı ile nitel değerler gerçek değerlere çevrilir.

Tablo 2.2 Temel 1-9 Ölçeği

Önemlilik	İkili karşılaştırma yargısı
1	Eşit önemli (EÖ)
3	Az önemli (AÖ)
5	Yeterince önemli (YÖ)
7	Çok önemli (ÇÖ)
9	Mutlak önemli (MÖ)
2,4,6,8	Ara Değerler

İkili karşılaştırma matrisinden yararlanarak karşılaştırılan alternatiflerin öncelik değerleri hesaplanmaktadır. Yönteme göre öncelik değerlerinin bulunması işlemi için ikili karşılaştırma matrisinin en büyük öz değerine karşılık gelen öz vektör elde edilerek yapılmaktadır. Buna ilişkin öz değer problemi şu şekilde gösterilir (Berrittella et al. 2009):

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1’de w , $\lambda_{\max}$ ’a karşılık gelen öz vektördür. Buradan maksimum öz değer bulunur. Bu eşitlikten elde edilen sonuçlar sanal değerler alabildiğinden öz değerleri hesaplama işlemi Saaty’nin geliştirdiği öncelik vektörüne öz vektör yaklaşımı ile yapılmaktadır.

$$w = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k e}{e^t A^k e} \quad (2.2)$$

2.2 eşitliğinde $e^t = (1, 1, \dots, 1)$ n boyutlu vektörü, A^k , A ikili karşılaştırma matrisinin k. kuvvetini, w , bu yaklaşım ile bulunan A ikili karşılaştırma matrisinin en büyük öz değerine ($\lambda_{\max}$) karşılık gelen öz vektörü, dolayısıyla öncelik vektörünü göstermektedir. Öncelik vektöründeki değerler karşılaştırılan elementlerin öncelik değerleridir. Hesaplama işlemine, öncelik vektörünün iki ardışık hesaplaması arasındaki fark önceden belirlenen bir değerden küçük olduğunda son

verilmektedir. Bu öz vektöre karşılık gelen en büyük öz değer ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n \frac{a_{1j}^{w(C_j)}}{w} \quad (2.3)$$

Buradaki $w(c_j)$, yukarıda hesaplanan öncelik değerlerini göstermektedir.

AHS 'de dikkate alınması gereken konulardan biri, karar verici tarafından ifade edilen yargıların tutarlılığıdır. Karar vericinin ölçütler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için tutarlılık oranından yararlanılır.

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (2.4)$$

Burada TI tutarlılık indeksini, RI ise rastgele indekstir. TI değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$TI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad (2.5)$$

Burada n, karşılaştırılan elemanların sayısını göstermektedir. RI değerleri ise n değerine Tablo 2.3'ten bulunmaktadır.

Tablo 2.3 Tutarlılık indeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.53	1.56	1.57	1.59

Tutarlılık oranı, 0.10 veya daha az ise tutarlılık düzeyi kabul edilebilirdir. 0.10 değerini aşması halinde tutarsızlık söz konusudur. Bu durumda yargıların tekrar gözden geçirilmesi veya problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulup, sürecin baştan ele alınması gerekir.

Kriterlere ilişkin ağırlıklar ve her bir alternatifin kriterlere göre öncelik değerleri uygun ve tutarlı bir şekilde bulunduktan sonra, her bir a_i alternatifi için tüm kriterlerin işleme alındığı karar fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$D[a_i] = \sum_{j=1}^n w_{C_j}(a_i)w(C_j) \quad (2.6)$$

Burada $w(C_j)$ kriterlerin ağırlıklarını ve $w_{C_j}(a_i)$ de kriterlere göre alternatiflerin üyelik değerlerini $[0,1]$ aralığında göstermektedir.

2.2.2 TOPSIS Yöntemi

TOPSIS, uygulanması basit ve kolay bir ÇKKV yöntemidir ve kullanıcıların daha basit ağırlıklandırma ve sıralama işlemlerinde tercih ettiği yaklaşımlardan birisidir. TOPSIS, m alternatifli bir ÇKKV problemini, n tane özelliği gösteren n boyutlu bir uzayda m noktadan oluşan bir geometrik sistem gibi görür (Kahraman et al., 2007). Diğer taraftan AHS yaklaşımında bir karar hiyerarşisi ve kriterler için ikili karşılaştırmalar gereklidir. Kullanıcı, AHS ile karar verirken karar hiyerarşisinden bulunan kriterler hakkında daha detaylı bilgiye ihtiyacı vardır (Lee et al., 2001). TOPSIS yöntemi, ilk olarak Hwang and Yoon (1981) tarafından ortaya atılmıştır. Bu tekniğe göre, en iyi alternatif, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatiftir (Benitez et al., 2007). Pozitif ideal çözüm kriterin kazancını maksimize eden ve kriterin maliyetini minimize eden çözümdür. Negatif ideal çözüm ise kriterin maliyetini maksimize eden ve kriterin kazancını minimize eden çözümdür (Wang and Elhag, 2006; Wang and Lee, 2007). Diğer bir deyişle, pozitif ideal çözüm kriterlere ilişkin elde edilebilen en iyi değerleri sağlarken, negatif ideal çözüm en kötü değerleri sağlamaktadır (Ertuğrul and Karakaşoğlu, 2009). TOPSIS yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

Adım 1. Karar matrisi eşitlik 2.7'deki gibi normalize edilir:

$$r_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^J w_{ij}^2}} \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.7)$$

Adım 2. Ağırlıklandırılmış normalize matris aşağıdaki gibi elde edilir:

$$v_{ij} = w_{ij} * r_{ij}, j = 1, 2, 3, \dots, m, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.8)$$

Adım 3. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm aşağıdaki gibi bulunur:

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*,\} \text{ Maksimum değerler} \quad (2.9)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \text{ Minimum değerler} \quad (2.10)$$

Adım 4. Her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklığı hesaplanır:

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.11)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.12)$$

Adım 5. Her bir alternatifin yakınlık katsayıları aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.13)$$

Adım 6. CC_i yakınlık katsayı değerlerinin birbiriyle karşılaştırılması ile alternatiflerin sıralaması elde edilmiş olur.

2.2.3 PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE yöntemi, gerçek sayılarla ifade edilebilen problemler için etkin ve kolay kullanılabilen yöntemlerden biridir (Brans et al., 1986). AHS’de olduğu gibi karşılaştırma yapmaya gerek kalmadan veri doğrudan kullanılır. AHS’den üstün olduğu diğer yönleri ise her bir kritere göre yapılan sınıflandırmanın doğruluğunun otomatik olarak hesaplanması, ölçeklendirmenin sabit bir aralıkta değil istenilen aralıkta yapılabilmesi ve problemin görsel olarak ortaya konabilmesidir.

Genel olarak PROMETHEE I (kısmi sıralama) ve PROMETHEE II (tüm sıralama) olarak bilinmektedir. Bunların haricinde PROMETHEE III, IV, V ve VI gibi farklı yaklaşımlar da bulunmaktadır. Ayrıca görsel bir modül olan GAIA ile grafiksel olarak etkin bir gösterim sağlanır. PROMETHEE yönteminin çok yaygın olarak başarılı bir şekilde kullanılmasının temelinde matematiksel özellikleri ve kolay kullanımı gelmektedir (Figueira et al., 2004). PROMETHEE yöntemi, diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile uygulama ve kapsam açısından karşılaştırıldığında gerçek değerler ile ifade edilebilen çok sayıda kriter için uyarlanabilir basit bir yöntemdir (Ballı vd. 2007). PROMETHEE’nin uygulanması

için 2 tip bilgi gerekir: birincisi, kriterlerin göreceli önem değerleri(ağırlıkları), ikincisi ise karar vericinin tercihin(e)fonskiyonuna) göre alternatiflerin kritere ilişkin değerleridir (Albadvi et al., 2007).

A, alternatiflerimizin kümesi ve $g_j(a)$ $a \in A$ ($j=1,2,\dots,n$) alternatifin kritere ilişkin değerini göstermek üzere PROMETHEE yönteminde ilk adım tercih fonksiyonunu $F_j(a,b)$ belirlemektir. Altı çeşit tercih fonksiyonu vardır ve bunlar (Radojevic ve Petrovic, 1997)'de detaylı olarak anlatılmıştır. Tercih fonksiyonuna göre değeri daha fazla olan az olana tercih edilir:

$$F_j(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } (g_j(a) - g_j(b)) \leq q_j, \\ 1, & \text{eğer } (g_j(a) - g_j(b)) \geq p_j, \\ 0 < F_j(a,b) < 1, & \text{eğer } (q_j < g_j(a) - g_j(b)) < p_j \end{cases} \quad (2.14)$$

q_i ve p_i değerleri i 'nci kriter için sırasıyla tercih etmeme ve tercih etme eşik değerleridir. Eğer j 'nci kritere göre a, b 'den daha iyi ise $F_j(a,b) > 0$, değilse $F_j(a,b) = 0$ olarak hesaplanır. Her bir kriterin ağırlığı w_j ($\sum w_j = 1$), ile toplam tercih fonksiyonu aşağıdaki gibi belirlenir:

$$\Pi(a,b) = \sum w_j F_j(a,b). \quad (2.15)$$

Eğer alternatiflerin sayısı ikiden fazla ise tüm sıralama, ikili karşılaştırma değerlerinin toplamına göre yapılır. Her $a \in A$ için aşağıdaki iki sıralama değeri diğer $x \in A$ alternatiflere göre hesaplanır (Araz et al. 2007):

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \Pi(a,x) \quad (2.16)$$

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \Pi(x,a) \quad (2.17)$$

PROMETHEE I'e göre iki alternatif arasında φ^+ değeri büyük olan ve φ^- değeri küçük olan diğerine göre daha iyidir. Eğer eşit ise aralarında fark yoktur.

$$\varphi_j(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} (F_j(a, x) - F_j(x, a)) \quad (2.18)$$

$\varphi_j(a)$ değeri, a alternatifinin j. Kriteria göre sıralamadaki pozisyonunu belirler. PROMETHEE II değeri aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (2.19)$$

$\varphi_j(a)$ değeri, a alternatifinin j'nci kriteri göre diğer alternatifler arasındaki nicelik olarak konumunu belirler. PROMETHEE I'de parçalı bir sıralama, PROMETHEE II'de ise tam sıralama elde edilir (Araz et al. 2007). GAIA görsel modülü kullanılarak problemin yapısının ve sonuçların daha iyi anlaşılması için grafiksel gösterim elde edilebilir.

2.2.4 ELECTRE Yöntemi

ELECTRE yöntemi ilk kez Benayoun et al. (1966) tarafından ortaya atılmış bir ÇKKV tekniğidir. Karar vericilerin tercihlerine göre bir alternatifler kümesindeki elemanları problemde yer alan kriterlere göre sıralamak için kullanılır. Alternatifler ve kriterler arasındaki ilişkiler, alternatiflerin ilgili kriterlere has özellikleri kullanılarak tanımlanır. ÇKKV problemlerinde, her ne kadar bir optimum belirlemek için gerekli olan mantıksal ve matematiksel koşullar bulunmasa da; kullanılan çelişkili kriterlere göre iyi bir uyuşmayı gösteren çözüm ayırt edilebilir. ELECTRE yöntemi yalancı kriterlere (pseudo criteria) dayandırılmaktadır. Bir yalancı kriter, uygun eşik değerleri kullanarak, performans değerlendirmeye etki eden belirsizlik ve muğlaklığı hesaba katar ve böylece belirli kriterlere göre iki alternatif arasındaki performans farkı minimum ise bu alternatifler farksız olarak hesaba katılır. ELECTRE yöntemini diğer yöntemlerden ayıran diğer bir özellik telafi edici olmamasıdır yani bir amaç fonksiyonundaki kötü puanlar diğer amaç fonksiyonlarındaki iyi puanlarla dengelenmez. Diğer bir deyişle karar verici bir alternatifi diğerleri ile karşılaştırma sonucunda eğer en kötü ise hatta tek kriter bile olsa seçmez. Bu durum iki alternatifin bir özelliğe ait değerleri arasındaki farkın sabit reddetme eşik değerinden daha büyük olması halinde gerçekleşir. ELECTRE önemlilik

ilişkileri ile ilgilenir. Bir alternatif a diğer bir alternatif b'den eğer a'nın b kadar iyi olduğunu iddia edecek yeterli sebepler mevcutsa ve bu iddiayı reddedecek iyi nedenler yoksa daha önemlidir (Aiello et al. 2006).

Her bir kriter için aşağıdaki eşik değerleri belirlenir:

qq_j - farksızlık eşik değeri, pp_j - tercih eşik değeri ve vv_j - reddetme eşik değeri, burada qq_j ≤ pp_j ≤ vv_j 'dir.

Aşağıda ELECTRE yöntemi tanımlanmıştır (Triantaphyllou, 2000): Değerlendirme faktörlerinin karar verici açısından önemleri farklı olabilir. Bu önem farklılıklarını ELECTRE çözümüne yansıtabilmek için Y matrisi hesaplanır. Karar matrisindeki elemanları ağırlıklar ile çarparak Y matrisi oluşturulur. Uyum setlerinin belirlenebilmesi için Y matrisinden yararlanılır, karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır ve setler aşağıdaki formülde gösterilen ilişki yardımıyla belirlenir:

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (2.20)$$

Daha sonra uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum setleri kullanılır. C matrisi $m \times m$ boyutludur ve $k = l$ için değer almaz. C matrisinin elemanları aşağıdaki formülde gösterilen ilişki yardımıyla hesaplanır.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (2.21)$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (2.22)$$

Uyum üstünlük matrisi (F) $m \times m$ boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (2.23)$$

Formüldeki m karar noktası sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla $\underline{c}$ değeri, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile C matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

F matrisinin elemanları (f_{kl}), ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $c_{kl} \geq \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 1$, eğer $c_{kl} < \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 0$ dır.

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de $m \times m$ boyutludur ve F matrisine benzer şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri ($\underline{d}$) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (2.24)$$

Diğer bir deyişle $\underline{d}$ değeri, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

G matrisinin elemanları da (g_{kl}), ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $d_{kl} \geq \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 1$, eğer $d_{kl} < \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 0$ dır.

Toplam Baskınlık Matrisinin (B) elemanları (e_{kl}) f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada B matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak $m \times m$ boyutludur, 1 ya da 0 değerlerinden oluşur ve sıralamayı belirtir.

Literatürde ELECTRE yöntemi I, II, III, IV olarak farklı türlere ayrılmaktadır (Roy, 1996). ELECTRE II, III ve IV sıralama problemleri için tasarlanmıştır. ELECTRE II ve III kriterin göreceli önemliliğinin ölçülebildiği durumlarda ELECTRE IV ise ölçmenin mümkün olmadığı durumlarda kullanılır (Opricovic and Tzeng, 2007). ELECTRE yöntemi hakkında daha ayrıntılı bilgi için Roy (1991) ve Roy and Bouyssou (1993) kaynaklarına bakılabilir.

3. KARAR DESTEK VE ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

3.1 Karar Destek Sistemleri

Karar destek sistemi bir bilgi sistemi olup, özellikle belirsizlik seviyesi yüksek olan kararlar için analitik modeller kullanarak karar vericiye destek sağlamaktadır (Çetinyokuş ve Gökçen 2002.). Başka bir deyişle, KDS yapılandırılmış veya yapılandırılmamış karmaşık karar verme problemlerinin çözümü için verileri ve uygun modelleri kullanarak çözüme destek sağlayan bilgisayar tabanlı araçlardır (Bonczek et al. 1981; Bencina, 2007). Yapılandırılmış karar problemi, karar verme sürecini yerine getirmek için tanımlı bir prosedüre sahip iken yapılandırılmamış karar probleminde ise karar verme aşamaları belli değildir. KDS, karar probleminin şartlarına uygun yerleşik bir yapı içerir. Karar destek araştırmaları ilk olarak 1960'larda başlamıştır. Morton (1971) yöneticilerin bilgisayar tabanlı yönetsel karar destek sistemlerinden faydalandığını göstermiştir. 1970'ler karar destek sistemlerinin kapsamsal ve teknolojik olarak gelişim periyodu olmuştur. Bu dönemde bireysel karar vericilere destek üzerine yoğunlaşmış ve daha sonra 1980'lerde kişisel bilgisayarların geliştirilmesi ile bu yoğunlaşma daha da artmıştır.

Karar destek sistemleri araştırma alanı, karar destek sistemini kullanıcı arayüzü, bilgi işleme sistemi ve bilgi tabanı olarak üç parça halinde inceleyen ve yeni ufuklar açan Bonczek et al. (1981) çalışması ile hareket kazanmıştır. Bu model daha sonraki araştırmalara öncülük etti ve geniş bir alanda kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerin ortalarında bireysel karar desteğin yetersiz kaldığı fark edilerek grup karar destek sistemleri geliştirilmiştir. 1990'ların başında ise mainframe (anabilgisayar) tabanlı karar destek sistemlerinin yerini istemci-sunucu bazlı karar destek sistemleri almaya başlamıştır. Daha sonra online analitik araçlar kullanılmaya başlanmış ve veri odaklı karar destek sistemleri önem kazanmıştır. 1992-1993'de veri ambarcılığı konusu önem kazanmış ve daha sonraki yıllarda internet ve WWW(World Wide Web)'in ortaya çıkması ile temel ağ yapıları değişmiştir. 1990'ların ortalarında araştırmacılar gelecek nesil karar destek sistemlerini keşfetmeye başlamışlardır (Bhargava et al., 1997; Bui, 1997; Holsapple and Whinston, 1995). Bu yıllarda bir çok akademik araştırmacı ve yazılım geliştiricisi internet teknolojilerinin karar destek sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanımında yeni yaklaşımlar getireceğini fark etmişlerdir.

Web ortamını karar destek sistemlerinin merkezi olarak kullanmak tasarım konusunda yeniden düşünmeye ve mevcut yapıları değiştirmeye sevk etmiştir. Bunun için ilk olarak 1995’de Uluslararası Karar Destek Sistemleri derneğinin düzenlediği konferansta bu konuda yayınlar sunulmuştur (Bhargava et al., 1995a; Bhargava et al., 1995b; Goul et al. 1995). 1996-1997’de bilgi değişimi ve yönetimi için ortak intranetler ve 1998’de ise Web’de verinin standart olarak taşınması amacıyla XML (Extensible Markup Language) dili geliştirildi. 1990’ların sonunda araştırmalar web tabanlı analitik uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaya başladı. 2000’de uygulama servis sağlayıcıları karar destek yeteneklerine sahip araçlar geliştirmeye başladı ve daha sonra semantik web için tartışma ve araştırmalar gündeme geldi (Shim et al. 2002). 2002’de grid hesaplama ile daha büyük ve kompleks karar destek sistemlerinin daha ucuz maliyetle yapılabileceği anlaşıldı. Sonraki yıllarda LAMP (Linux işletim sistemi, Apache server, MySQL veri tabanı yönetim sistemi ve PHP dili içeren) gibi bütünleşik geliştirme ortamları karar destek sistemi geliştirme ortamı olarak kullanılmaya başlandı. Günümüzde karar destek uygulamaları ya tek bir makinede çalıştırılmakta ya da istemci-sunucu mimarisini kullanarak gerçekleştirilmektedir. Bu açıdan Web, karar destek için vazgeçilmez bir platform halini almıştır (Bhargava et al., 2007).

Karar Destek Sistemleri, genel olarak uygulamaya özel veya spesifik bir karar problemi için geliştirilirler. Amaç ve mimariye göre üç sınıfa ayrılırlar:

- Bireysel Bazlı Karar Destek Sistemleri: Tek bir kişinin karar verici olarak bulunduğu sistemlerdir. Tek bilgisayarda gerçekleştirilir.
- Grup Bazlı Karar Destek Sistemleri: İki veya daha fazla kişinin bir arada karar verebilmesi için geliştirilen sistemlerdir. LAN yapısında kullanılabilir.
- Web Tabanlı Karar Destek Sistemleri: Bireysel ve grup bazlı olabilir. Web üzerinden dağıtık bir yapıya sahiptir. WAN (Wide Area Network) mimarisinde kullanılır. HTML (Hypertext Markup Language) tabanlı kullanıcı arayüzüne sahiptir.

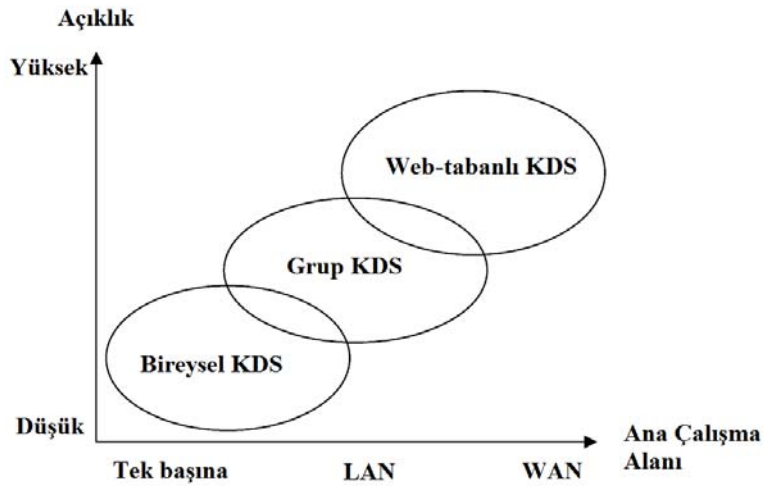
Üç KDS sınıfının özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir (Kwon and Lee, 2002):

Tablo 3.1 Karar destek sistemlerinin özellikleri

Bireysel KDS	Grup KDS	Web KDS
Veri tabanı	Veri Tabanı	Dağıtık Veri Tabanı
Model Tabanlı	Model Tabanlı	Dağıtık Model Tabanlı
Kullanıcı Arayüzü	Kullanıcı Arayüzü	HTML tabanlı Kullanıcı Arayüzü
Bireysel Karar Verme	Çoklu Karar Verme	Bireysel veya çoklu karar verme
Tek uygulama	Grup uygulaması	İnternet

Web tabanlı KDS Bireysel ve Grup KDS'den farklıdır. Web tabanlı KDS'de lokal ağ (LAN) yerine lokal ağların birleşimi olan geniş alan ağları (WAN) ve internet üzerinden iletişim kurulur. Kullanıcı sınırlaması yoktur ve herkese açıktır. Web tabanlı KDS, bireysel ve grup KDS'lerin birleşiminden oluşabilir, dolayısıyla onların özelliklerini de içerir ve bilgisayar destekli ortak bir çalışma ortamı sağlar. Model ve veritabanı dağıtık yapıda olabilir.

Üç çeşit KDS sınıfının karşılaştırılması Şekil 3.1'de görülmektedir (Lee and Chung, 2005). Web tabanlı KDS'nin diğerlerine göre daha açıktır ve geniş bir alanda çalışabildiği için erişilebilirliği de yüksektir. Günümüzdeki çalışmalarda, karar problemlerinin çözümünde daha esnek ve dağıtık bir yapıya sahip olması sebebiyle web tabanlı karar destek sistemlerinin kullanımı ağırlık kazanmaya başlamıştır.



Şekil 3.1 Karar destek sistemlerinin karşılaştırılması

3.1.1 Karar Destek Sistemlerinin Türleri

Günümüzde karar destek sistemleri şu kategorilerde incelenmektedir (Power 2001, 2002, 2004):

- Model güdümlü karar destek sistemi: Finansal, optimizasyon ve simülasyon modellerine erişim ve kullanmayı ele alır ve analitik karar destek araçlarını kullanır. Veriye ihtiyaç duymaz fakat karar verici tarafından sağlanan kısıtlı veri ve parametreleri kullanabilir. Temel düzeyde fonksiyonelliğe sahiptir.
- Veri güdümlü karar destek sistemi: Zaman serileri gibi geçmişe endeksli büyük çaplı verileri veritabanı sorgulamaları ile analiz eder. Yüksek düzeyde fonksiyonellik ve karar destek sağlar.
- Komünikasyon güdümlü karar destek sistemi: Çok sayıda karar verici arasında kararlar ilgili işbirliği ve komünikasyon için ağ ve iletişim teknolojilerini kullanır. Grup bazlı iletişimi destekleyen iletişim teknolojileri bu tip karar destek sistemleri için dominant unsurdur. Web bu alanı biraz daha genişletmiştir.
- Doküman güdümlü karar destek sistemi: Doküman analizi ve bilgi çıkarımı için bilgisayar depolama ve işleme teknolojilerini kullanır. Büyük doküman veritabanları; yapılandırılmamış taranmış dokümanlar, web sayfaları, görüntü, ses ve videolardan oluşur.
- Bilgi güdümlü karar destek sistemi: Karar verici ve kullanıcıya öneri veya tavsiye sunarlar. Özel bir problem çözme bilgisi ve yeteneği ile donatılmış bilgisayar sistemleridir. Bu tür sistemleri geliştirmek için kullanılan yöntemler, uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar gibi yapay zeka teknolojilerini kullandıkları için zeki karar destek yöntemleri olarak bilinmektedir (Power, 2007). Web bu tür karar destek sisteminin çok fazla alana yayılmasına yardımcı olmaktadır.

Tablo 3.2’de bu sınıflandırmaya ilişkin genel özellikler özetlenmektedir (Power, 2001):

Tablo 3.2 KDS çeşitleri ve özellikleri

KDS tipi	Dominant bileşen	Hedef Kullanıcı Dahili → Harici	Amaç	Kullanılabilir teknoloji
Model GÜDÜMLÜ	Modeller	Yönetici ve çalışanlar, müşteriler	Ekip planlaması veya karar analizi	Tek bilgisayar, İstemci / Sunucu veya Web
Veri güdümlü	Veri Tabanı	Yönetici ve çalışanlar, sağlayıcılar	Veri ambarından sorgulama	İstemci / Sunucu veya Web
Komünikasyon güdümlü	İletişim araçları	Dahili ekipler, harici ortaklar	Bir toplantıyı yönetme, işbirliğine yardımcı olma	İstemci / Sunucu veya Web
Doküman GÜDÜMLÜ	Doküman tabanı	Dahili kullanıcılar	Web sayfası arama veya doküman bulma	İstemci / Sunucu veya Web
Bilgi GÜDÜMLÜ	Bilgi Tabanı	Dahili kullanıcılar, müşteriler	Yönetici tavsiyesi veya ürün seçimi	Tek bilgisayar, İstemci / Sunucu veya Web

Modern karar destek sistemleri tüm türlerin veya tümüne yakınının kombinasyonundan oluşur. Buna örnek olarak Web tabanlı karar destek sistemleri verilebilir ve bir sonraki alt bölümde ele alınacaktır.

3.1.2 Web Tabanlı Karar Destek Sistemleri

Günümüzde global internetin gelişmesi ile World Wide Web (Berners-Lee et al. 1994) bilgisayar donanımlı karar destek için en önemli teknoloji halini almıştır (Bhargava et al. 2007). Web tabanlı teknolojiler her çeşit karar destek sistemi için tasarım, geliştirme ve gerçekleştirme aşamalarında büyük bir öneme sahiptir. Çünkü web teknolojileri sunucu taraflı hesaplama ve istemci taraflı hesaplama imkanı vermekte ayrıca karar destek bileşenlerinin dağıtık olarak yerleşimi ve gerçekleştirmesini sağlayabilmektedir. Sunucu taraflı hesaplama platform bağımsız olduğu ve global erişim sağladığı için tercih edilmektedir. Bunun için CGI (Common Gateway Interface), PHP (Hypertext Preprocessor), Java, ASP (Active Server Pages) gibi teknolojiler kullanılmaktadır ve bu teknolojiler web tabanlı karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, tasarımı ve gerçekleştirimi için çok sayıda imkân ve kolaylık sağlamaktadırlar. Bilgisayar donanımlı bir sistem olarak web tabanlı karar destek sistemi, kullanıcılara herhangi bir yazılım yüklemeyen web görüntüleyiciler kullanarak interaktif karar

destek bilgisi veya aracı sağlar (Bharati and Chaudhury 2004). Kurulum, bakım ve destek gibi ek işler ve maliyetler gerektirmez.

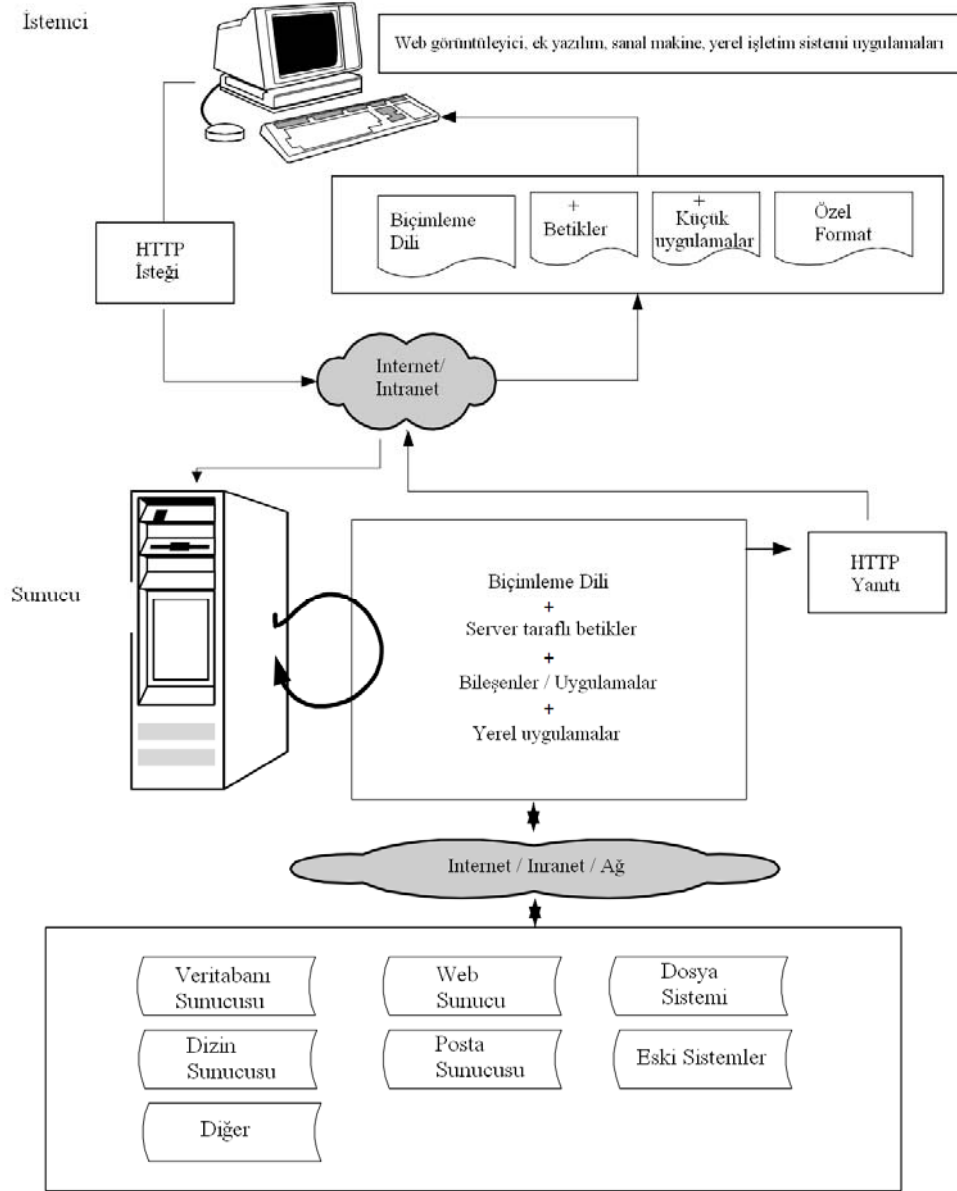
Web tabanlı karar destek sisteminin avantajları; teknolojik engelleri azaltır ve karar vermeyi daha kolay ve daha az maliyetli hale getirir. Fiziksel olarak farklı konumlardaki kullanıcılar da rahatlıkla kullanabilir. Böylelikle KDS erişebilirliği artmaktadır. Web altyapısı ile hızlı yayılım, kontrollü ve tutarlı karar verme olanağı sağlanmıştır. Bilgi veritabanı oluşmasını ve bunu daha sonra kullanmayı da sağlar. Ek bir program kurmayı gerektirmez ve maliyeti düşürür. Tüm karar destek sistemi türlerini destekler.

Dezavantajları ise; tek bir bilgi tabanı yerine dağıtık bir yapı kullanıldığı için bilgi işleme yerel ağda(lokalde) yapılmaz. Bant genişliği sınırlaması olabilir. Bu da etkileşim zenginliği üzerinde önemli bir faktördür. Kullanıcıların bilginin ne kadarına erişebileceği açık ve net değildir. Bu sorun olabilir. Bir web görüntüleyici de çalışan uygulama diğerinde çalışmayabilir. Diğer bir problemde güvenlidir bu yüzden güvenliğini sağlamak için veri iletişimde şifreleme kullanılması gerekir.

3.1.3 Web Tabanlı Karar Destek Sistemlerinin Tasarımı

KDS'nin ana bileşenleri; veritabanı, yazılım sistemi ve kullanıcı ara yüzüdür. Web tabanlı KDS'lerde ağ veya internet de bileşen olarak kullanılır. Genel olarak Web tabanlı karar destek sistemleri, ağ üzerinden TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protokolü ile haberleşen ve Şekil 3.2'de gösterilen üç katmanlı istemci-sunucu yazılım mimarisini kullanırlar.

Karar modelleri, algoritmaları ve veriler sunucuda tutulur ve kullanıcı bunlara online olarak erişebilmektedir. Kullanıcı web görüntüleyici aracılığı ile HTTP isteğini sunucuya gönderir. Sunucu isteğe uygun betik ve karar modeline ait uygulamayı çalıştırır ve veritabanı işlemlerini gerçekleştirir. Sonuçlar kullanıcıya geri gönderilir. Biçimleme dili olarak HTML, XML, CGI, PHP, Java, Java Script ve ActiveX bileşenleri kullanılmaktadır (Power and Kaparathi, 2002).



Şekil 3.2 İstemci-sunucu yazılım mimarisi

Tasarlanan KDS mimarisi aşağıdaki özellikleri içermelidir: (Poe et al., 1998):

- Veri yapıları kullanıcılar tarafından kolaylıkla anlaşılabilir,
- Veri yapıları üzerinde sonradan çok fazla değişiklik yapılmaz,
- Karmaşık ve çoklu SQL (Structured Query Language) sorguları yapılabilir,
- Çoklu, büyük ve iteratif sonuç kümeleri desteklenir,

- Veri kaybına karşı düzenli yedeklemeler ile veriler geri alınabilir.
- Karar vericinin yerine geçmekten ziyade, ona karar vermesinde yardımcı olur.
- Karar verme sürecinin tüm aşamalarını destekler.

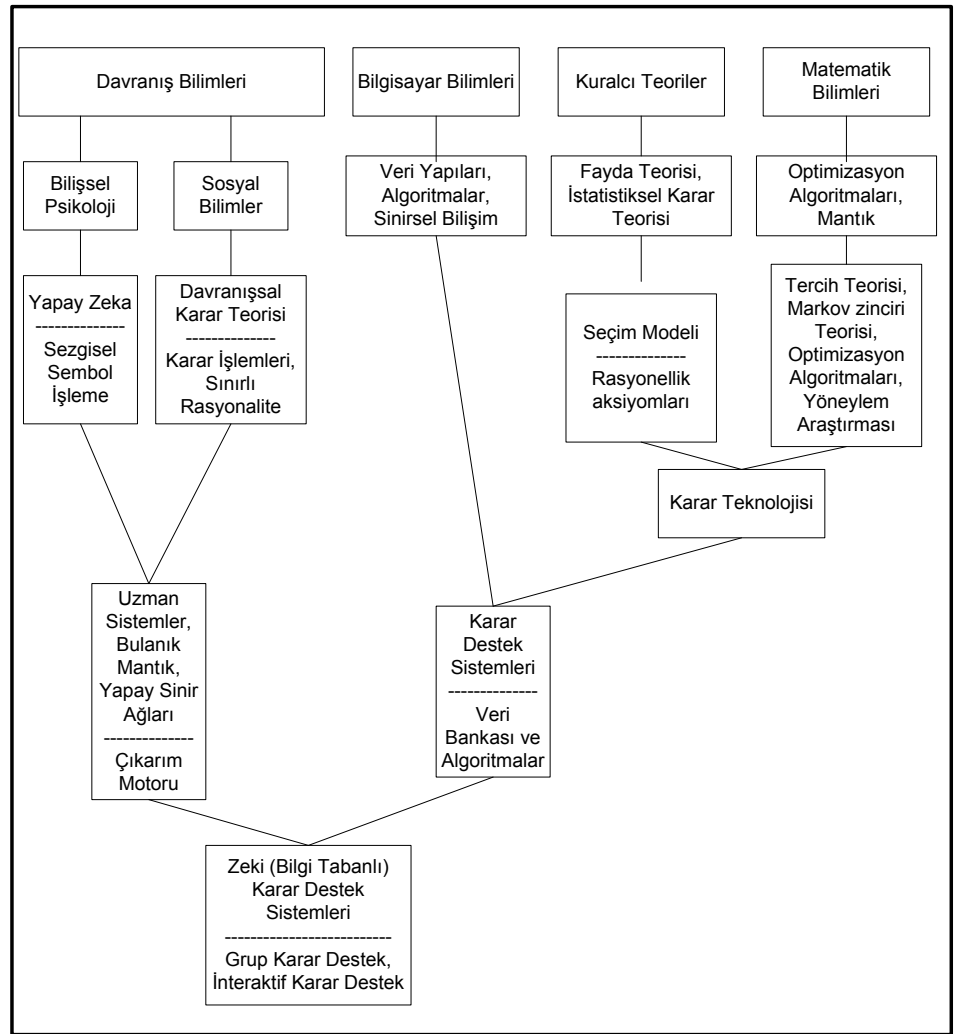
Sunucuda tutulan karar algoritması ve modelleri özel bir probleme yöneliktir. KDS’de yaygın olarak karar problemlerini modelleyebilmek, verilen alternatifleri ilgili kriterlere göre değerlendirmek ve sıralamasını yapmak için ÇKKV teknikleri kullanılmaktadır. Ayrıca ÇKKV tekniklerinin yanı sıra KDS modeli olarak; kural-tabanlı sistemler, çerçeve(frame) tabanlı sistemler, semantik ağlar, yapay sinir ağları ve Bayes inanç ağları (Bayesian belief networks) gibi yaklaşımlar geçmiş çalışmalarda kullanılmıştır. Bu yaklaşımların temel sorunları (Rahimi et al., 2007):

- Bilgi tabanını yeni ya da iyileştirilmiş bilgi ile güncellemenin zorluğu,
- Uzun tepki süresi,
- Özellikle eş zamanlı kullanıcılar için kullanım zorluğu,
- Sonuçların bazı durumlarda düşük kalitede ve anlamsız olmasıdır.

Bu yüzden bu model ve algoritmalar çoğu zaman karar problemlerinde oldukça kötü bir yaklaşım sergilemektedirler. Bu tür karar problemleri genel olarak birden fazla kriter içerir ve ÇKKV algoritmaları kullanılarak çözülebilmektedir. Fakat ÇKKV algoritmaları da; eğer problem belirsiz ve doğrusal olmayan özellikler içeriyorsa yetersiz kalmaktadır. Böyle durumlarda uygun bir şekilde karar verilmesi oldukça zordur ve daha iyi bir seçme yeteneği gerektirir. Bu tür belirsizlik içeren durumlarda ÇKKV algoritmaları ile birlikte doğrusal olmayan özelliklerin modellenmesi için bulanık mantık, bulanık çıkarım ve yapay sinir ağları gibi yapay zeka tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknikler sistemin eksik yönlerini tamamlayarak KDS’nin geçerliliği konusunda etkin rol oynarlar. Bu tipteki melez yöntemler kullanan karar destek sistemlerine zeki karar destek sistemleri denilmektedir ve bir sonraki alt bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

3.2 Zeki Karar Destek Sistemleri

Karar Destek Sistemi, önemli kararları güçlendirmek için gözlemsel(deneysel) destek sağlamakta ve karar vericinin yerine geçmekten ziyade, ona karar vermesinde yardımcı olmaktadır. Bu yüzden birçok günlük uygulamada hayati önem taşımaktadır. KDS araştırma alanı, birçok bilim dalının farklı özelliklerinin birleşiminden oluşmaktadır. Farklı bilim dallarına göre disiplinler arası karar verme paradigmaları arasındaki ilişki Şekil 3.3'te gösterilmiştir (Zimmermann, 1996b).

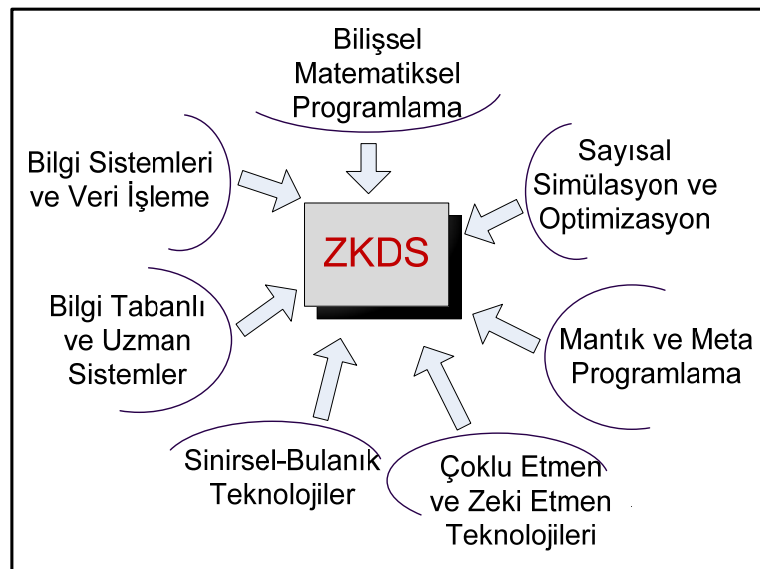


Şekil 3.3 Bilimsel arka plan

Şekil 3.3'ten görüldüğü üzere KDS; bilgisayar bilimlerinden veri yapıları, algoritmalar ve sinirsel bilişim, kuralcı teorilerden fayda teorisi ve istatistiksel karar teorisi, matematik bilimlerinden optimizasyon algoritmaları, mantık, tercih teorisi ve yöneylem araştırması konularının birleşiminden oluşmaktadır. Buna ek

olarak davranış bilimlerinden davranışsal karar teorisi, bilişsel psikolojiden yapay zeka, sezgisel sembol işleme, uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları, çıkarım motoru gibi araştırma alanları karar destek sistemlerine dâhil edilince Zeki Karar Destek Sistemleri(ZKDS) veya Bilgi Tabanlı Karar Destek Sistemleri elde edilmektedir.

Genelde karar algoritması ve modelleri özel bir probleme yöneliktir. KDS optimizasyon yöntemleri; matematiksel programlama, çok kriterli modeller vb. içermektedir. Bu tür modellerde uzmanlık bilgisi dikkate alınmaz. Bu yüzden KDS model ve algoritmaları bazen gerçek problemlerde oldukça kötü bir yaklaşım sergilemekte bu da sistemi bilgi işleme yerine sembol işlemeye yönlendirmektedir. Başka bir deyişle, sembol işleme veya bilgi işlemenin hangisinin önce olacağı belirsiz bir hale gelmektedir. Ayrıca gerçek hayatın karmaşıklığından ve insanların algılama kapasitesinin sınırlı olmasından dolayı, kesin olarak kavrayamadığımız çeşitli durumlar vardır ki bunlar ancak sözel olarak ifade edilebilir ve bu durum belirsizlik oluşturur. Böyle durumlarda uygun bir şekilde karar verilmesi oldukça zordur ve iyi bir seçme yeteneği gerektirir. Bunun için karar probleminde uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi yapay zeka teknikleri kullanılarak uzman bilgisi, eksik ve belirsiz bilgi ve durumlar modellenebilir (Turban and Aronson, 2004). Bu teknikleri kullanan karar destek sistemleri Zeki Karar Destek Sistemleri olarak adlandırılır ve bu teknikler sistemin geçerliliği konusunda etkin rol oynarlar (Klein and Methlie, 1995). ZKDS'nin bilimsel araştırma geliştirme ve teknolojik alt yapısı Şekil 3.4'te verilmiştir:



Şekil 3.4 ZKDS teknolojik alt yapısı

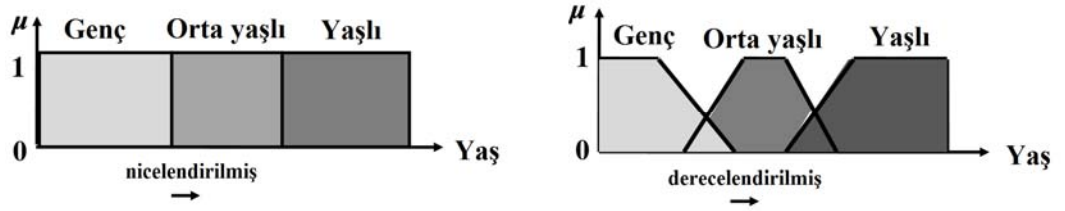
Zeki sistemlerin geliştirilmesinde yapay zeka biliminin katkısı çok fazladır. Karar vericiden alınacak bilgiler belirli ya da belirsiz bilgiler olabilir. Belirsiz olduğu durumlarda bulanık kümeler devreye girerek belirsizliğin modellenmesi sağlanır. Bulanık kümeler karar vericiye daha geniş bir hareket alanı sağlayarak, uygulamaların gerçek dünyayı yansıtmaya becerisine büyük katkı sağlamaktadır. Yapay sinir ağları, karar destek sistemlerinde kriterler ve alternatifler arasındaki örüntünün belirlenmesinde, genetik algoritmalar ise KDS fonksiyonlarının optimizasyonunda kullanılmaktadırlar. Bahsedilen yapay zeka tekniklerini; bir tekniğin eksik yönlerini diğer tekniğin avantajları ile kapatarak birleştirmek işe yarar ve etkin bir yaklaşımdır. Bu şekilde melez zeki karar destek sistemleri elde edilebilmektedir. Bundan sonraki alt bölümlerde bu teknikler sırayla ele alınacaktır.

3.2.1 Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler

Bulanık küme teorisi, klasik küme teorisinin genişletilmiş şeklidir. Genel olarak, kesin olmayan, belirsizlik içeren bilginin veya bir tercih yapısının gösterilmesinde kullanılan bulanık mantık, Zadeh (1965) tarafından ortaya konmuştur. Zadeh, geleneksel matematiğin belirlilik ile sınırlı dünyasını derecelendirme mekanizması ile belirsizliğe doğru genişletmiştir. Bulanık mantık ve kümelerin ana özelliği belirsizliğin modellenmesindeki yeteneğidir (Kahraman et. al 2004). Birçok alanda tam ve kesin bilgi olmadan da karar vermeyi kolaylaştırır. Bulanık mantığın ardındaki temel fikir, bir önermenin doğruluğunun; kesin yanlış ve kesin doğru arasındaki sonsuz sayıda doğruluk değerlerini içeren bir kümedeki değerler veya sayısal olarak $[0,1]$ gerçel sayı aralığıyla ilişkilendiren bir fonksiyon olmasıdır. Bu yüzden bulanık mantık yaklaşık akıl yürütmenin mantığıdır (Baykal ve Beyan, 2004a).

Günlük hayatta insanlar, sağduyularına güvenirler ve belirsizlik içeren, çok net olmayan dilsel terimler kullanırlar. Dilsel terimlerin sayısal olarak ifade edilebilmesinde bulanık küme yaklaşımı etkin rol oynar (Radojevic and Petrovic, 1997). Klasik küme teorisinde bir üye kümeye aittir ya da değildir yaklaşımı vardır. Bu teoride aitlik konusunda tam ve kesin bir ayrım söz konusudur bu yüzden üyelik sınırları da tam ve kesin olarak bellidir. Fakat gerçek hayatta karşılaşılan çoğu problemde klasik küme teorisi yetersiz kalmaktadır. (Chen and Pham, 2001). Bulanık kümeler, sözel verilerin işlenmesinde de etkindir ve doğal dilde kullanılan dilsel değişkenleri ifade edebilmek için matematiksel bir araç sunar. Şekil 3.5’de yaş özelliği için dilsel terimlerden oluşan klasik ve bulanık

küme gösterimleri verilmiştir (Zadeh, 2008). Klasik kümeler sadece tam üyeliği veya üye olmamayı gösterirken, bulanık kümelerde küme sınırları daha esnek ve yumuşak geçişlidir, klasik küme teorisinin aksine kısmi üyelik de sunarlar. Bulanık bir kümede üyelikler kabul ya da ret olarak ele alınmaz bir derecelendirme söz konusudur (Celikyilmaz and Turksen, 2009). Her ölçüt ve her alternatif çifti için, karar verici kendi tercihinine göre alternatifler arasında iyi, daha iyi veya küçük, çok küçük vs. gibi dilsel tanımlayıcılar kullanabilir (Pedrycz ve Gomide, 1998). Bu açıdan bulanık veriler daha esnektir ve bulanık veri kullanılması ile daha hassas sonuçlar elde edilir (Lin et al., 2007).



Şekil 3.5 Yaş özelliği için klasik ve bulanık küme gösterimi

Bulanık kümelerde uygun çözüm dilsel değerlerin bulanık sayılarla eşleştirilmesi ve birleşim operatörleri kullanarak hesaplanmasıyla elde edilir. Zadeh'in dilsel değer tanımlaması şu şekilde ortaya çıkmıştır (Zadeh, 1975):

Dilsel bir değişken $(H, T(H), U, L, \tilde{M})$ beşlisi olarak gösterilir. Burada H değişkenin ismi, $T(H)$, H 'ın terim kümesi yani H dilsel değerleri için buna karşılık gelen isimlerdir. Her bir bulanık değişkene ilişkin isim X ile gösterilir ve U uzayında bir u değerine karşılık gelir. L , H 'a ait değerlerin X isimlerini oluşturmak için sentaktik (sözdizimsel) bir kuraldır. M ise her bir X 'i anlamı olan $\tilde{M}$ ile eşleştirmek için semantik (anlamsal) bir kuraldır. Belirli bir X , G tarafından oluşturulan bir isimdir ve terim olarak adlandırılır. Bir kelime veya kelimelerden oluşan ve birim olarak çalışan terime atomik terim denmektedir. Bütün bir terimin bileşenlerinin birbirine bağlanması ile alt terimler oluşur. Örnek bir terim kümesi T şu şekilde olabilir:

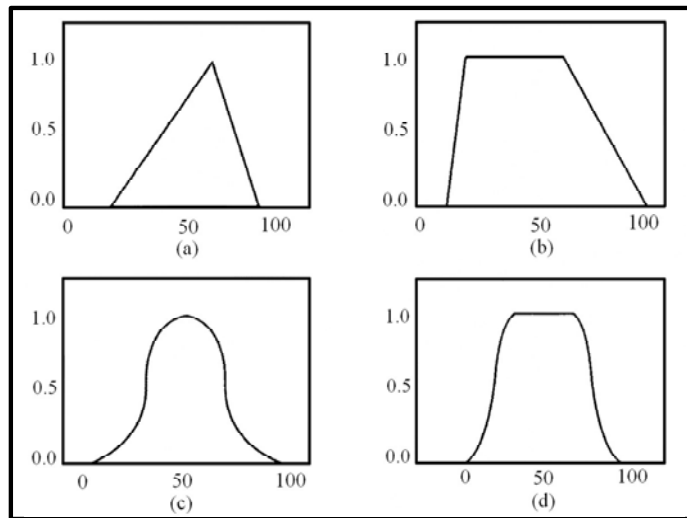
{En Düşük, Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek, En Yüksek }

Temel değişken u , atanan olasılık veya destek derecesidir ve $u \in [0,1]$ aralığında değerler alır (Bencina, 2007). Bulanık bir kümeyi X terimine bağlamak için genel yazım şu şekildedir: $\tilde{M}(X) = \{(u, \mu_X(u)); u \in [0,1]\}$. Örnek olarak "Yüksek" terimi için $\tilde{M}(Yüksek) = \{(u, \mu_{Yüksek}(u)); u \in [0,1]\}$ şeklinde yazılabilir. Buradan

yola çıkarak bulanık kümenin tanımı şu şekilde verilebilir: bir U uzayında yer alan A bulanık kümesi ve üyelik fonksiyonu $\mu_A(u):U \rightarrow [0,1]$ verilmiş olsun. $\mu_A(u)$ fonksiyonunda u değeri bulanık A kümesine göre üyelik derecesi olarak yorumlanır. Açık bir biçimde, $A = \{(u, \mu_A(u)); u \in U\}$ yani A tamamen karşılıklı bir değer ve o değer karşılık gelen üyelik derecesi ikililerinden oluşan bir bulanık kümedir.

Bir özelliğin sayısal değer yerine dilsel değerlerle anlatılması tam ve kesin olarak ifade edilebilme özelliğini düşürür. Bunun için bulanık kümeler devreye girer (Zadeh, 1973). Her bir dilsel değişken bir bulanık kümeye karşılık gelir. Bulanık küme üzerindeki işlemler, göreceli olarak daha kolay hesaplama olanağı sağlayan önceden tanımlanmış bulanık küme işlemleri ve üyelik fonksiyonu işlemleri ile gerçekleştirilir. Böylelikle dilsel değişkenlerin sayısal değişkenler kullanılarak gösterilebilmesi ve dilsel değişkenler üzerinde matematiksel işlemler yapılabilmesi sağlanmaktadır.

Üyelik fonksiyonları, kümedeki elemanlar kesikli veya sürekli olsun bir bulanık kümedeki bulanıklığı karakterize eden fonksiyonlardır. Böylece belirsizlik veya bulanıklık bir fonksiyon halinde kurala oturmaktadır. Üyelik fonksiyonları birçok farklı şekillerde olabilir. Özel bir şeklin uygun olup olmayacağı çalışılan uygulama alanındaki verilere göre belirlenir. Fakat birçok uygulama bu tür şekil değişikliklerine karşı çok fazla duyarlılık göstermezler. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur.

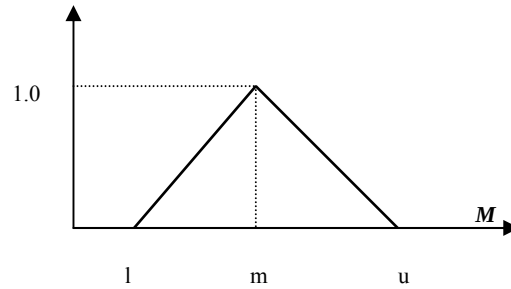


Şekil 3.6 Üyelik fonksiyonları (a) Üçgen (b) Yamuk (c) Gaussian (d) Çan eğrisi

Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi olmakla birlikte pratikte en fazla kullanılanlar üçgen, yamuk, çan eğrisi ve Gaussian fonksiyonlardır (Klir and Yuan, 1995). Bu fonksiyonlar Şekil 3.6’te görülebilir (Baykal ve Beyan, 2004a). Bu fonksiyonların haricinde S ve π olarak tanımlanan üyelik fonksiyonları da vardır. Bütün üyelik fonksiyonları süreklidir ve $[a,b]$ olarak tanımlandıkları aralığı $[0,1]$ aralığına taşırlar.

3.2.1.1 Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar, bulanık niceliklerin özel bir sınıfıdır. Bulanık bir sayı, gerçek bir r sayısının genelleştirilmesini gösteren bir M bulanık niceliğidir. Farklı bir tabirle; $M(x)$, “ $M(x)$ r ’ye nasıl daha iyi yakınsar” sezgiselinin bir ölçüsü olmalıdır (Nguyen and Walker, 2000). M bulanık sayısı normal ve dışbükey bir bulanık kümedir ve 0 ve 1 aralığında gerçek sayılarla ifade edilir. Normal olması maksimum üyelik değerinin 1 olmasını vurgular. Duruma göre farklı bulanık sayılar kullanmak mümkündür. Dilsel terimlerin bulanık sayı olarak gösterimi üyelik fonksiyonuna göre belirlenir. Uygulamalarda daha elverişli olduğundan genellikle üçgensel bulanık sayılar tercih edilir çünkü üçgensel bulanık sayılar bulanık ortamda bilgi işleme ve matematiksel gösterim açısından kolay ve kullanışlıdır (Ertuğrul and Karakaşoğlu, 2009). Üçgen bir bulanık sayı $\tilde{M}$ Şekil 3.7’deki gibidir (Deng, 1999):



Şekil 3.7 Üçgen bulanık sayı, $\tilde{M}$

Üçgen bulanık sayılar üç gerçek sayı ile gösterilirler, bunlar (l, m, u) ’dur. l , m , ve u parametreleri en küçük olası değer, en uygun değer ve en büyük olası değeri gösterir ve bunlar bir bulanık olayı tanımlarlar. Üçgensel üyelik fonksiyonu matematiksel olarak şu şekilde hesaplanır:

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (3.1)$$

Buradan üyelik değerleri $[0,1]$ aralığında elde edilirler. Üçgensel bulanık sayılar üzerinde çok çeşitli cebirsel işlemler gerçekleştirilir. Bunlardan sadece en önemli üç tanesi şu şekildedir:

(l_1, m_1, u_1) ve (l_2, m_2, u_2) iki üçgensel bulanık sayımız olsun. Bu durumda:

$$(l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (3.2)$$

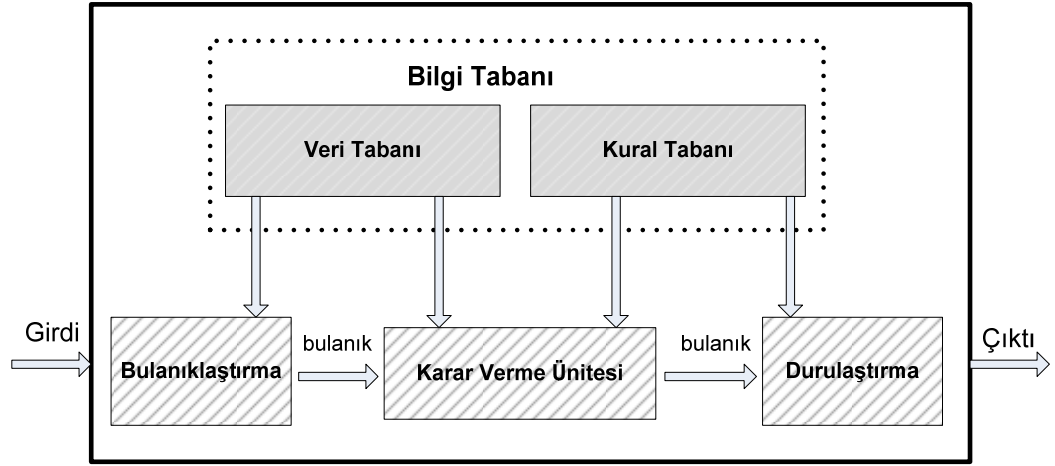
$$(l_1, m_1, u_1) \cdot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2) \quad (3.3)$$

$$(l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (3.4)$$

Diğer cebirsel işlemler (Kahraman, 2001; Kahraman et al. 2002; Zimmermann, 1996a; Baykal ve Beyan, 2004a) kaynaklarından bulunabilir.

3.2.1.2 Bulanık Çıkarım

Bilgi tabanlı sistemler bilgisayara girilmiş bilgi yardımı ve akıl yürütme yöntemi ile problem çözerler. Bulanık bilgi tabanlı sistemlerde veriler üzerinde çıkarım ve akıl yürütme yapabilmek için iki değerli mantık yerine fonksiyon ve kuralların bulanık üyelik özellikleri kullanılır (Baykal ve Beyan, 2004a). Bulanık “EĞER-İSE” kuralları ve bu kuralların çözümleri, matematiksel açıdan bulanık bağıntılara denktir ve bu kurallara dayanan akıl yürütmeler matematiksel açıdan ele alınınca bulanık çıkarım olarak tanımlanır (Wang, 1997). Bulanık mantığa dayalı olarak bulanık çıkarımda, sembolik akıl yürütme yerine sayısal işlemler kullanarak akıl yürütme yapılır (Zadeh, 1983). Böylece etkinlik artmakta ve yanıt alma süresi azalmaktadır (Zimmermann, 1996a). Şekil 3.8 bulanık çıkarım sisteminin akış şemasını göstermektedir (Jain and Martin, 1998):



Şekil 3.8 Bulanık çıkarım sistemi akış diyagramı

Genel olarak bulanık çıkarım sistemi, bulanıklaştırma, bilgi tabanı, karar verme ünitesi ve durulaştırma aşamalarından oluşur (Dweiri and Kablan, 2006; Allahverdi, 2002; Negnevitsky, 2004). Bu aşamalar kısaca aşağıda açıklanmıştır (Ballı vd. 2009b):

- **Bulanıklaştırma:** Girdi değerleri belirlenen üyelik fonksiyonuna göre bulanık değerlere dönüştürülür.
- **Bilgi Tabanı:** Uygulama alanındaki uzman bilgisi ile oluşturulur. Girdi ve çıktı değerleri arasındaki ilişkiler belirlenir. Bulanık koşul deyimleri aşağıdaki örnek kurallara benzer şekilde oluşturulur:

EĞER X küçük İSE Y çok büyüktür.

EĞER X çok küçük DEĞİL İSE Y çok çok büyüktür.

EĞER X küçük DEĞİL ve X büyük DEĞİL İSE Y çok büyük DEĞİLDİR.

- **Karar Verme Ünitesi (Çıkarım motoru):** Uzman bilgisine dayalı kurallara göre eldeki bilgilerden çıkarım yapılır. En fazla kullanılan çıkarım yöntemlerinden birisi Mamdani stili çıkarımdır (Keshwani et al., 2008). Çünkü daha sezgisel ve insan davranışına yakındır. Mamdani stili çıkarımda mevcut kurallar Max-Min işlemine tabi tutularak birleştirilir (Korukoğlu vd. 2008).
- **Durulaştırma:** Bulanık olan bilgilerin kesin bir sayısal değer haline dönüştürülmesi için yapılan işleme durulaştırma denir (Şen, 2004a). En

Büyük Üyelik İlkesi, Centroid Yöntemi, Ağırlıklı Ortalama Yöntemi, Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi, Toplamların Merkezi Yöntemi, En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi, En Büyük İlk ve Son Üyelik Derecesi vb. gibi çok sayıda durulaştırma yöntemi mevcuttur (Klir and Yuan, 1995). Bu yöntemlerden en çok bilinenleri Centroid ve Ağırlıklı Ortalama Yöntemidir. Üyelik fonksiyonlarının tek olduğu durumlarda Ağırlıklı Ortalama Yöntemi tercih edilir ve diğer yöntemlere göre daha az karmaşık ve hesaplama açısından daha kolaydır. (Siler and Buckley, 2004) Aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$u_c = \frac{\sum_i \mu_F(u_i) \times u_i}{\sum_i \mu_F(u_i)} \quad (3.5)$$

3.5 nolu eşitlikte u_i , i. elemana, $\mu_F(u_i)$ u_i elemanının üyelik değerine ve u_c ise, çıktı yani sonuç değerine karşılık gelmektedir.

Mantık oluşumlarının ana hedefi, eldeki önermelerden yeni önermeler elde etmektir ve bu duruma akıl yürütme süreci denir. Sonuç çıkarma, akıl yürütme mekanizması kullanılarak gerçekleştirilir. Bulanık kümeleri içeren bir kural ve olgu varsa iki çeşit akıl yürütme kullanılabilir (Baykal ve Beyan, 2004a): Genelleştirilmiş Modus Ponens ve Genelleştirilmiş Modus Tollens.

Bunları açıklamak için X, bulanık veya dilsel girdi değişkeni, A, X'in aldığı değerler, M, bulanık veya sözel çıktı değişkeni, M'nin aldığı değerler de B ile gösterilmiş olsun. Buna göre:

a) *Genelleştirilmiş Modus Ponens*:

KURAL : EĞER X, A İSE M, B'dir.

OLGU : X, A'dır.

SONUÇ : M, B'dir.

Bu kural “X, A'dır” ve “Eğer X, A ise; bu durumda M, B'dir” bulanık önermelerinden “M, B'dir” önermesinin oluşabileceğini ifade eder.

b) *Genelleştirilmiş Modus Tollens*:

KURAL : EĞER X, A İSE M, B'dir

OLGU : M, B'dir

SONUÇ : X, A'dır.

Burada kuralımız “Eğer X, A ise; bu durumda M, B'dir” ve “M, B'dir” olduğu için “X, A'dır” önermesinin oluşabileceğini ifade eder.

Bulanık mantığın geliştirilmesi, belirsizlik sorunu ve kesin olmayan sözcüklerin ifade edilmesi için kavramsal genel bir yapı ihtiyacından doğmuştur. Yukarıda anlatılanlar doğrultusunda bulanık mantığın bazı temel karakteristikleri aşağıda özetlenmiştir (Robert, 1995; Machado and Rocha, 1992; Mellit and Kalogirou, 2008):

- Bulanık mantıkta kesin akıl yürütme, yaklaşık akıl yürütmenin sınırlı bir durumu olarak görülür.
- Bulanık mantıkta her şey derecelendirmeye tabidir.
- Bulanık mantıkta bilgi; bir değişkenler kümesi üzerinde esnek veya eşdeğer anlamda bulanık kısıtlar kümesi olarak yorumlanır.
- Çıkarım ise esnek kısıtların yayılma süreci olarak görülür.
- Herhangi bir mantıksal sistem bulanıklaştırılabilir.

Bulanık sistemin özel uygulamalarda daha iyi performans elde etmesini sağlayan iki ana karakteristiği vardır:

- Bulanık sistemler belirsiz ve yaklaşık akıl yürütme için bilhassa matematiksel modeli çok zor çıkarılabilen sistemler için uygundur.
- Bulanık mantık eksik ve belirsiz bilgi altında tahmin değerleri kullanarak karar vermeyi mümkün kılar.

Bulanık küme işlemleri ve bulanık mantıkla ilgili detaylı kapsam (Klir and Yuan 1995; Nguyen and Walker, 2000; Zimmermann, 1996a; Baykal ve Beyan, 2004a; Lee, 2005; Celikyilmaz, 2009) kaynaklarından bulunabilir.

3.2.2 Bulanık Karar Verme

Geleneksel bir karar verme problemi karar verici, amaç, karar ölçütü, seçenekler, olaylar ve sonuç bileşenlerinden oluşur. Mevcut durumu veya kısıtlayıcı koşullarını dikkate alarak karar vericinin belirlediği amaç veya hedef doğrultusunda ilerleme çabası karar problemlerinin özünü oluşturur. Bulanık bir karar verme ortamında, sadece karar verici ve seçenekler bileşenlerinin bulanık olmadığı kabul edilir. Bulanık hedefler ve bulanık karar ölçütleri ile verilen bir karar (sonuç) da bulanıktır (Özkan, 2003). Gerçek hayattaki karar problemlerinde hedeflerin, kısıtların ve herhangi bir davranışa ait sonuçların belirsiz olduğu bir ortam vardır. Bu belirsizlikle nicel olarak baş edebilmek için olasılık teorisi ve teknikleri ve bunun yanında özellikle karar teorisi, kontrol teorisi ve bilgi teorisi tarafından sağlanan araçlar kullanılmaktadır. Fakat bu durumda doğadaki hangi olay rastgelelik ve olasılıksal olarak tam açıklanabilir sorusu karşımıza çıkar. Rastgelelik ve bulanıklık arasındaki fark, çoğu karar sürecinde ortaya çıkar. Bulanıklık da belirsizlik bulanık kümelerle ilişkilendirilir ve bu kümelerin her biri üye olma ve olmama arasında keskin geçişleri olmayan sınıflardır. Matematikteki kümelerde ise bir kümeye aitlik derecesi keskin çizgilerle ayrılır (Bellman and Zadeh 1970). Fakat gerçek hayat problemlerinde matematikteki gibi keskin geçişler söz konusu değildir. İnsanlar arasındaki konuşmalar da bile “Mehmet Ali’den daha uzundur”, “x y’den daha büyüktür” gibi belirsizlik taşıyan bulanık deyimler kullanılır (Zimmermann, 1987).

Son zamanlarda yapılan çalışmalar göstermektedir ki, karmaşık problemlerin çözülmesinde bulanık mantık kullanılması ile daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bulanık mantık, belirsiz insan bilgisini başarılı bir şekilde formüle edebilmekte ve bu bilgiyi karar sürecine uygulayabilmektedir. Klasik karar vermenin yanında Bellman ve Zadeh (1970) Bulanık Karar Verme Teorisi olarak bilinen yeni bir yöntem ortaya koymuşlardır. Bulanık karar vermenin ana çalışma alanı belirsizlik altında karar vermedir. Çünkü elimizde kriterlere, alternatiflere ve sonuçlara ilişkin sayısal değerler değil sözel olarak ifade edilen dilsel değerler mevcuttur ve bu belirsizlik oluşturur. Karar verici alternatifleri oluştururken kişisel görüşlerine dayanarak belirsizlik içeren sözel değerler de kullanır ve bunlar

da bulanık kümelerle temsil edilebilir. Bulanık karar vermede Bellman ve Zadeh Prensibi aşağıdaki gibi açıklanabilir:

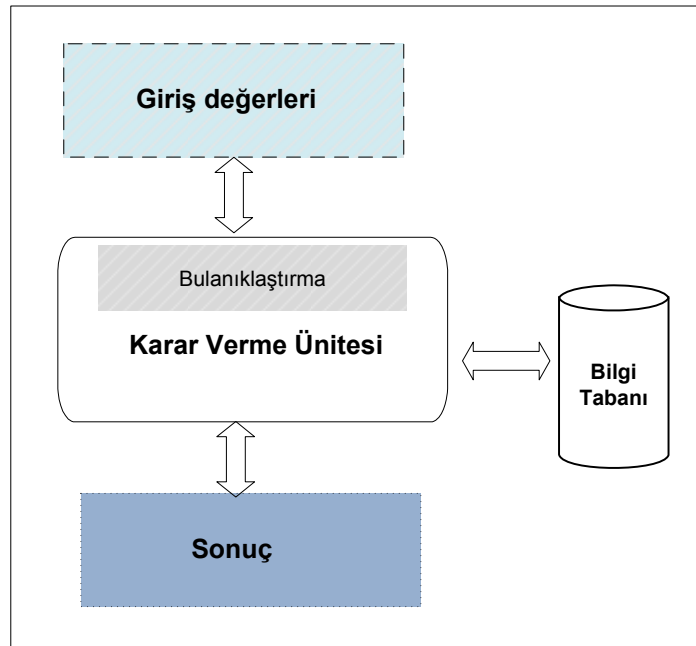
Eğer problem sürekli bir problemse, bu sonsuz ya da sınırlı sayıda alternatif olması anlamına gelmektedir. Bu durumda $C=\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 'ler kriterler ve $A=\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ alternatifler olsun. Alternatiflerin kriterlerle ilişkili ve sırasıyla her birine ait üyelik fonksiyon değerleri olduğunu farz edelim. a_i herhangi bir alternatif olsun. Her bir C_j kriteri için a_i alternatifi tarafından bu kriterin ne derecede tatmin edildiği $C_j(a_i) \in [0,1]$ ile gösterilsin. Eğer a_i 'nın bütün kriterleri tatmin etme derecesini bulmak istersek, bunu $D[a_i]$ ile göstererek şu şekilde ifade edilebilir:

$$D[a_i] = \min\{C_1(a_i), \dots, C_n(a_i)\} \quad (3.6)$$

Bu durumda aslında C_1 ve C_2 ve ... C_n 'ni bir arada tatmin edecek bir a alternatifi aranmaktadır. a^0 şeklinde gösterilen en iyi alternatif aşağıdaki ilişkiden elde edilir.

$$D[a^0] = \max_{a \in A} D[a] \quad (3.7)$$

Bu yöntemle bulanık karar vermede Bellman ve Zadeh prensibi denir ve max-min karar kuralına dayanır.



Şekil 3.9 Bulanık karar verme süreci

Bilgi tabanlı bir sistem olarak bulanık karar verme algoritması Şekil 3.9’da gösterilmiştir. Karar verme ünitesinde probleme ilişkin karar modeli ve bilgi tabanında ise gerekli parametre ve değişkenler bulunur. İlk olarak giriş değerleri karar verme ünitesine gönderilir. Burada işleme girmeden önce uygun bulanık kümeler kullanılarak bulanıklaştırma yapılır. Daha sonra bulanık değerler üzerinde ilgili karar verme modeli gerçekleştirilir ve sonuç elde edilir.

3.2.2.1 Bulanık Çok Kriterli Karar Verme

ÇKKV araştırma alanı, son 40 yılda özellikle bulanık kümeler ve ÇKKV yöntemleri arasındaki ilişki ve bu ilişkinin ortaya konması ile büyük bir gelişim göstermiştir. Günümüzde ÇKKV problemlerinin çözümünde bulanık kümelerin de kullanılması ÇKKV’nin alanını genişletmiştir (Roubens, 1997). Böylece Bulanık ÇKKV araştırma alanı ortaya çıkmıştır. Bulanık ÇKKV problemleri karar biliminde, sistem mühendisliğinde ve yönetim biliminde çok önemli bir araştırma alanıdır. Bu problemleri çözmenin yolu, karar vericiden gerekli bilgilerin (kriterler ve onların ağırlıkları gibi.) alınmasından geçmektedir. Karar vericiden alınacak bilgiler belirli ya da belirsiz bilgiler olabilir. Belirsiz olduğu durumda bulanık kümeler devreye girer (Li, 1999).

Herhangi bir karar verme probleminde “optimizasyon” kelimesi mevcut alternatifler arasından seçilecek daha önce tanımlanmış olan amaca göre en uygun alternatiflerin seçilmesi süreci ile bağdaştırılır. Karar problemi, amacı sağlayan olası çözüm değerlerini bularak ve bulduğumuz değerler arasından karar verme fonksiyonunu maksimize eden değeri seçerek çözülür. Ancak bazen karar verici alternatifler üzerinde özellikleri veya kriterleri kesin olarak tanımlayamayabilir. Böyle bir problem genellikle birden çok kriterin olduğu durumda ya da maksimize edilecek birden fazla amaç olduğu durumda söz konusudur. Kriterlerin kesin olarak tanımlı olmadığı durumlarda, alternatiflerin çok sayıda kritere göre bir arada değerlendirilmesi söz konusu değildir. Böyle durumlarda bulanık karar teorisi, karar vericinin tatmin olma derecesine göre bir bulanık üyelik fonksiyonu kullanarak mevcut tüm kriterler için en uygun olan alternatifini bulur. Bu çözüm yoluyla ÇKKV, bulanık kümelerin kesişimi ve bulanık üyelik fonksiyonu değerini maksimize eden alternatifi bulmaktan oluştuğu için hesaplama açısından daha kolay olmaktadır (Zimmermann,1996a). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme iki alt alana ayrılır:

a) Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli

b) Bulanık Çok Nitelikli Karar Verme Modeli

ÇAKV, karar uzayının sürekli olması ile ilgilenir. Buna bir örnek, çok amaçlı fonksiyonlarla matematiksel programlama problemleridir. Bu yöntemle örnek olarak “vektör-maksimum” problemi verilebilir. Çalışmada ele alınan ÇNKV ise, kesikli karar uzayına sahip problemlerde kullanılır. Bu tür karar problemlerinde, karar alternatifleri önceden tanımlanır (Zimmermann,1996a). Bulanık ÇNKV Modeli matematiksel olarak şu şekilde açıklanabilir (Eldukair, 1992):

Bulanık ÇNKV’de alternatifler her bir kritere göre değerlendirilmektedir. $w_{C_j}(a_i)$ değerleri a_i alternatifinin, sözel terimlerle tanımlanan C_j kriterlerine göre derecelendirmesini(üyelik fonksiyonu değerlerini) göstermektedir. Kriterlerin önemlilik dereceleri ise $W=\{w(C_1),...,w(C_n)\}$ ile gösterilir. Buna göre Bulanık ÇNKV modellerinde izlenecek adımlar şunlardır (Ballı, 2005):

Adım 1: Probleme ilişkin kriter ve alternatifler belirlenir.

Adım 2: Kriterlerin göreceli önemlilik dereceleri(ağırlıkları) bulunur.

Adım 3: Alternatiflerin tüm kriterlere olan üyelik değerleri bulunur.

Adım 4: Her bir alternatifin tüm kriterlere göre işlenmesi ve sonuç(nihai) önemlilik derecesinin belirlenmesi

Adım 5: Alternatiflerin önemlilik derecelerine göre sıralanması

Genel olarak tüm ÇNKV yaklaşımları aşağıdaki iki aşamayı içermektedir:

1- Hedefe göre tüm kriter ve karar alternatifleri için hükümlerin (yargı) bir araya getirilmesi(toplanması)

2- Bu hükümlere göre karar alternatiflerinin sıralı olarak sunulması

Buna göre ÇNKV yaklaşımları birbirlerinden şu açılardan farklılık gösterirler (Zimmermann, 1987):

- Yalnızca 1. aşama veya 2. aşama veya her iki aşamayı da göz önüne alırlar.

- Probleme klasik ya da bulanık çözümler üretirler veya sonucu bir ölçüm vektörü olarak sunarak son değerlendirmeyi karar vericiye bırakırlar.
- 1. aşama ve 2. aşama için hesaplama zorluğu açısından daha iyi veya daha kötü olan farklı yöntemler kullanırlar.
- Varsayımları farklıdır.
- Ayırt edicilik dereceleri birbirlerine göre daha iyi veya daha kötü olabilir. Problemin yapısı ve karakteristiğine göre bazı yöntemler daha duyarlıdır. Problemden probleme de sonuçların kararlılığı farklılık gösterebilir.

Klasik ÇNKV yöntemlerinde alternatifler, kriterler ve sonuçlar gerçek sayılarla ifade edilir fakat karmaşık problemlerde genelde nitel kriterler olduğu için gerçek sayılarla gösterilemezler. Bulanık ÇNKV’de bunlar bulanık değerler kullanılarak ifade edilebilirler. Çoğu durumda elde edilen sonuç değerleri de bulanıktır ve sıralama sonuçları da bulanık kümeler ve bulanık değerlerle gösterilir. Literatürde çok sayıda ÇNKV tekniği (AHS, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE vb.) bulunmakta ve bunlar bulanık kümelerle beraber kullanılabilmektedirler. Bunlardan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık TOPSIS yöntemleri bir sonraki bölümlerde anlatılacaktır.

3.2.2.2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Çalışmada incelenmiş olan AHS yöntemi, Saaty (1980) tarafından geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir. Karar vericilere, çok kriterli ve ön tanımlı karar alternatiflerinin bulunduğu karar problemlerinde destek vermesi için geliştirilmiştir (Cakir and Canbolat, 2008). AHS, anlaşılması kolay ve hem nicel hem de nitel özellikler içeren karar problemlerinde etkili bir biçimde kullanılmaktadır (Tüysüz and Kahraman, 2006). Uzman bilgisini ifade edebildiği için kullanımı geniş bir alana yayılmıştır. Geleneksel AHS uzman bilgisini gösterebilmesine rağmen insan düşüncesini tam olarak yansıtamaz ve kesin olmayan belirsiz bilgi ile efektif bir sonuca ulaşamaz. Bu durumu ortadan kaldırabilmek için, geleneksel AHS yöntemi bulanık kümelerle genişletilerek Bulanık AHS (BAHS) elde edilmiştir. BAHS’de bulanık sayılar uzman bakışının sayısal olarak gösterimini ikili karşılaştırma matrisleri yoluyla gerçekleştirir (Tolga and Kahraman, 2008). Literatürde birden fazla BAHS yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki üçgensel üyelik fonksiyonlarını kullanan Van

Laarhoven and Pedrycz (1983) tarafından geliştirilmiştir. Buckley (1985), yamuk üyelik fonksiyonlarından bulanık karşılaştırma önceliklerini bularak yeni bir BAHS yöntemi ortaya koymuştur. Chang (1996), ikili karşılaştırmalar için üçgensel bulanık sayıların kullanılması ve ikili karşılaştırmalar için mertbe değerlerinin mertbe analizi yöntemi ile değerlendirilmesini önermiştir. Deng (1999), ÇKKV problemlerinin niteliksel bilgi ile değerlendirilmesi için bir bulanık yaklaşım önermiştir. Leung and Cao (2000), BAHS için bulanık tutarlılık tanımlaması yapmışlardır.

Bu çalışmada, BAHS için üçgensel bulanık sayılar ve ikili karşılaştırmalardaki mertbe değerleri için mertbe analizi kullanılmıştır. $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ nesne kümemiz ve $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ ise hedef kümemiz olsun. Chang (1992, 1996)'nın mertbe analizi yöntemine göre her bir nesne alınmakta ve her bir g_i hedefi için sırasıyla mertbe analizi yapılmaktadır. Böylece her bir nesne için aşağıda gösterildiği gibi m mertbe analizi değeri bulunmaktadır:

$$M^1_{gi}, M^2_{gi}, \dots, M^m_{gi}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

Burada M^j_{gi} ($j = 1, 2, \dots, m$) değerlerinin hepsi üçgensel bulanık sayıdır. Bundan sonra gerçekleştirilecek olan Chang'ın mertbe analizi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

Adım 1: i . nesneye ait bulanık mertbe değeri şu şekilde bulunur:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \right]^{-1} \quad (3.8)$$

$\sum_{j=1}^m M^j_{gi}$ elde etmek için, aşağıdaki gibi m mertbe değerleri için bulanık toplama işlemi gerçekleştirilir:

$$\sum_{j=1}^m M^j_{gi} = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3.9)$$

ve $\left[\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \right]^{-1}$ elde etmek için ise M^j_{gi} ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri için aşağıdaki gibi bulanık toplama işlemi gerçekleştirilir:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (3.10)$$

Ve sonra vektörün tersi aşağıdaki formülle bulunur:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right). \quad (3.11)$$

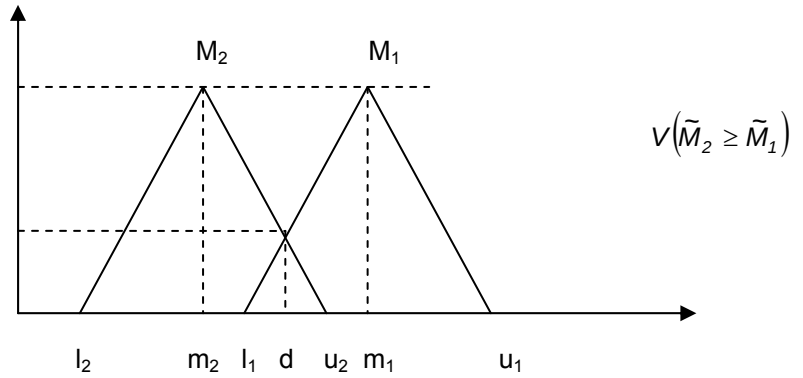
Adım 2: $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$, iki üçgensel bulanık sayı olmak üzere, $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ gerçekleşme olasılığı şu şekilde hesaplanır:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))] \quad (3.12)$$

Ve bu aşağıdaki eşitliğe eşittir:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \text{hgt}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (3.13)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.14)$$



Şekil 3.10 M_1 ve M_2 'nin kesişimi

Şekil 3.10’da eşitlik 3.14’e göre d noktası μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en büyük kesişme noktası D’nin ordinatıdır. M_1 ve M_2 ’yi karşılaştırmak için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerine ihtiyacımız vardır.

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının k konveks bulanık M_i ($i=1, 2, k$) sayıdan büyük olma olasılığı şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)]$$

$$= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (3.15)$$

her bir $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$ için $d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olduğunu varsayalım. Bu durumda ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (3.16)$$

Burada $A_i = (i = 1, 2, \dots, n)$ n alternatiflerdir.

Adım 4: Normalizasyon yoluyla elde edilen normalize edilmiş ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (3.17)$$

Burada W bulanık değildir.

3.2.2.3 Bulanık TOPSIS

Klasik TOPSIS yönteminde, kriter ağırlıkları ve alternatiflerin önemlilik dereceleri kesin olarak bilinir ve değerlendirme sürecinde kesin değerler kullanılır. Fakat çoğu durumda kesin veriler gerçek hayat problemlerini modellemek için yetersizdir. Bu yüzden, kriter ağırlıkları ve alternatiflerin önemlilik derecelerinin dilsel değişkenlerle değerlendirildiği ve geleneksel TOPSIS yönteminin eksikliğini bulanık sayılar kullanarak gideren Bulanık TOPSIS yöntemi geliştirilmiştir (Ertuğrul and Karakaşoğlu, 2007).

Literatürde çok sayıda bulanık TOPSIS uygulamaları bulunmaktadır. Triantaphyllou and Lin (1996) bulanık aritmetik işlemlere dayalı bulanık TOPSIS yöntemi geliştirmiştir. Chen (2000) TOPSIS yöntemini bulanık ortama genişleterek bir yazılım şirketine sistem mühendisi seçimi için uygulamıştır. Chu (2002) tesis yeri seçimi problemi için grup karar verme altında bulanık bir TOPSIS yöntemi geliştirmiştir. Chu and Lin (2003) robot seçimi için bulanık TOPSIS yöntemi önermiştir. Abo-Sinna and Amer (2005), çok amaçlı yüksek ölçekli lineer olmayan programlama problemleri için TOPSIS yöntemini bulanık küme teorisindeki üyelik fonksiyonları kavramını kullanarak genişletmişlerdir. Saghafian and Hejazi (2005) grup bazlı çok kriterli seçim problemi için değiştirilmiş bulanık TOPSIS yöntemi geliştirmişlerdir. Wang and Elhag (2006) alfa düzey kümeleri üzerinde bir bulanık TOPSIS yöntemi önermişlerdir. Jahanshahloo et al. (2006) TOPSIS yöntemi bulanık veriler kullanılması ve bulanık verileri normalize etmek için α -kesim uygulayarak geliştirmişlerdir. Chen et al. (2006) tedarikçi seçim problemi için bulanık TOPSIS yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bottani and Rizzi (2006) en uygun servis sağlayıcı seçimi ve sıralaması için TOPSIS tekniği ve bulanık küme teorisi tabanlı bir çok nitelikli yaklaşım geliştirmişlerdir. Wang and Lee (2007) bulanık ortamda çok kriterli karar verme için TOPSIS yöntemini genelleştirmiştir.

Bulanık TOPSIS yöntemi birden fazla karar vericinin çok sayıda kritere göre belirsizlik altında alternatiflerin değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Algoritması aşağıdaki gibidir (Chen, 2000; Chen et al., 2006):

Adım 1: K sayıda karar vericinin bulanık değerlendirmeleri $D_k=(k= 1, 2,...K)$ olarak, bunlara karşılık gelen bulanık üçgensel sayılar $\tilde{R}_k=(k=1,2,...K)$ ve üyelik fonksiyonları $\mu_{\tilde{R}_k}(x)$ ile gösterilir.

Adım 2: Sonra değerlendirme kriterleri belirlenir.

Adım 3: Daha sonra alternatif ve kriterler için uygun dilsel değerler belirlenir.

Adım 4: Kriter ağırlıkları birleştirilir.

Eğer karar vericilerin bulanık değerlendirmeleri üçgensel bulanık sayılar $\tilde{R}_k=(a_k, b_k, c_k)$, $k=1,2,...K$, olarak tanımlanırsa birleştirilmiş bulanık değerlendirme $\tilde{R}_k=(a,b,c)$, $k=1,2,...K$, gibi bulunur. Burada

$$a = \min_k \{a_k\}, \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, \quad c = \max_k \{c_k\} \quad (3.18)$$

Eğer k. karar vericinin bulanık değerlendirmesi ve ağırlık değerleri $\tilde{R}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$ ve $\tilde{w}_{ij} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3})$, $i=1,2,\dots,m$, $j=1,2,\dots,n$ ise alternatiflerin her bir kritere göre birleştirilmiş bulanık değeri $(\tilde{x}_{ij}) = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ 'dir. Burada

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, \quad b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, \quad c_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\} \quad (3.19)$$

Daha sonra her bir kriter için birleştirilmiş bulanık ağırlıklar $(\tilde{w}_{ij})$ şu şekilde hesaplanır:

$$(\tilde{w}_{ij}) = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) \quad (3.20)$$

Burada

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, \quad w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}, \quad w_{j3} = \max_k \{w_{jk3}\}$$

Adım 5: Bulanık karar matrisi $\tilde{D}$ ve bulanık ağırlık matrisi $\tilde{W}$ oluşturulur.

Adım 6: Bulanık karar matrisi normalize edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.21)$$

Burada

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \text{ ve } c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ 'dir.}$$

Adım 7: Daha sonra ağırlıklandırılmış normalize matris kriter ağırlıkları ve bulanık normalize karar matrisinin çarpılması ile elde edilir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.22)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j$$

Burada $\tilde{w}_j$ C_j kriterinin ağırlığını göstermektedir.

Adım 8: Ağırlıklandırılmış bulanık normalize karar matrisinin oluşturulmasından sonra bulanık pozitif ideal çözüm ($FPIS, A^*$) ve bulanık negatif ideal çözüm ($FPIS, A^-$) şu şekilde bulunur.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \tilde{v}_n^*) \quad (3.23)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_n^-) \quad (3.24)$$

Burada $\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}\}$ ve $\tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\}$ $i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$ 'dir.

Adım 9: Daha sonra her alternatifin pozitif ideal çözüm (A^*) ve negatif ideal çözüme (A^-) olan uzaklıkları hesaplanır:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), i=1,2,\dots,m \quad (3.25)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i=1,2,\dots,m \quad (3.26)$$

Burada d_v iki bulanık sayı arasındaki mesafe ölçüsüdür.

Adım 10. Sıralama elde etmek için her bir alternatifin yakınlık katsayıları aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.27)$$

Adım 11. CC_i değerlerine göre alternatifler sıralanır.

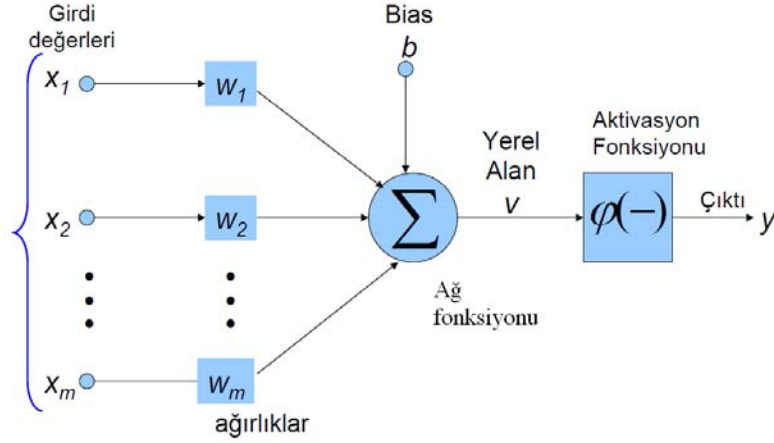
3.2.3 Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Bir başka deyişle insan beyninin sinir ağlarını taklit eden paralel bilgi işleme sistemidir (Elmas, 2003). Sinir ağları araştırma alanı ilk olarak basitleştirilmiş sinir hücrelerinin McCulloch and Pitts (1943) tarafından sunulmasından sonra ortaya çıktı. Bu sinir hücreleri biyolojik sinir hücrelerinin bir modeli ve sayısal işlemler

gerçekleştiren devre elemanları için kavramsal bileşenler olarak sunuldu (Krose and Smagt, 1996). 1969'da Minsky and Papert (1969) perceptron modellerinin eksikliklerini ortaya koyunca çok sayıda sinir ağı araştırmacısı ve araştırma için sağlanan kaynak ve fonlar bu alanı terk etti. Fakat 1980'lerde sinirsel hesaplama konusu yeniden doğdu. Hopfield (1982) sinir ağı gruplarının dinamiklerini anlamak için matematiksel bir alt yapı geliştirdi. Kohonen (1984) özellikleri, ağların düzgün dizileri ile eşlemek (haritalamak) için destekleyicisiz öğrenme ağları geliştirmiştir. Rumelhart and McClelland (1986) çok katmanlı karmaşık ağlar için geri yayımlı öğrenme algoritması ortaya koymuştur.

YSA, bir girdi ve bir çıktı kümesi arasında doğrusal olmayan eşleme gerçekleştirmek için tasarlanmıştır ve biyolojik nöronlara benzer birbirine bağlı basit işleme elemanları kullanarak biyolojik sistem gibi performans elde etmeye çalışır. Veri güdümlü değil daha ziyade bilgi güdümlüdür. Geleneksel teknikler üzerinde belirlenmiş avantajları vardır. Bunlar: genelleme yeteneği, dağıtık bellek, paralellik, artıklık ve öğrenme yeteneğidir (Jain and Martin, 1998). YSA, öğrenmenin yanı sıra ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine sahiptir (Elmas, 2003). Ayrıca sistem hakkında detaylı bilgiye gerek duymaz ve sistem içindeki ilişkileri kendisi tanımlar (Ballı et al., 2006). YSA, gerçek sistemlerden, fiziksel modellerden, bilgisayar programlarından veya diğer kaynaklardan gelen verideki örüntüyü tanımak için otomatik olarak öğrenirler. Yapay sinir ağı çok sayıda girdiyi işleyebilir ve tasarımcılar için uygun formda cevaplar üretebilir (Kalogirou, 2003). İnsan beyninin öğrenme mekanizmasını taklit etmeye çalışır. Bulanık mantık gibi yapay sinir ağı bazı çözümler de sistemin matematiksel modellemesini kullanmazlar. Yapay sinir ağlarının öğrenme ve genelleştirme yetenekleri, doğrusal olamayan, zaman değişimli problemlerde hatta belirsiz, eksik ve gürültülü koşullarda bile etkili olarak kullanılmasına sağlar. Böylece YSA, mevcut yöntemlerle çözülemeyen veya verimsiz olarak çözülen problemleri çözmek için kullanılabilir (Jain and Martin, 1998).

Bütün sinir ağı modelleri nöron ve şebekelenmiş bağlantılı yapı olarak bilinen genel bir yapı bloğunu kullanırlar (Hu and Hwang, 2001). Çok sayıda düğümlerin bağlarla birbirine bağlanması ile oluşurlar. Her bağın ona bağlı bir nümerik ağırlığı vardır (Russell and Norvig, 2003). En çok kullanılan nöron modeli McCulloch and Pitts (1943)'in önerdiği modeldir ve Şekil 3.11'de gösterilmiştir (Graupe, 2007):



Şekil 3.11 Temel nöron yapısı

Bias eşik değerini modellemek için kullanılır. Ağ fonksiyonları doğrusal, yüksek sıralı, delta (Σ , Π) ve nöron aktivasyon fonksiyonları sigmoid, hiperbolik tanjant, ters tanjant, eşik, Gaussian radyal temelli ve lineer olabilir. Yapay sinir ağlarının düğümleri ve bağlantıları çok değişik biçimlerde bir araya getirilebilir. Ağlar bu düğüm ve bağlantı mimarilerine göre değişik isimler alırlar. Bu mimariler sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ içindeki işaretlerin akış yönlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Buna göre yapay sinir ağları için ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere iki temel ağ mimarisi vardır (Elmas, 2003). Ayrıca literatürde farklı problemleri çözmek için çok sayıda mimari geliştirilmiştir. Bunların en çok bilinenleri çok katmanlı perceptron, radyal temelli fonksiyon ağı, yinelenen sinir ağıdır. Ağların eğitimi için kullanılan öğrenme kuralları genellikle danışmanlı, danışmansız ve destekleyici öğrenme olarak ayrılır.

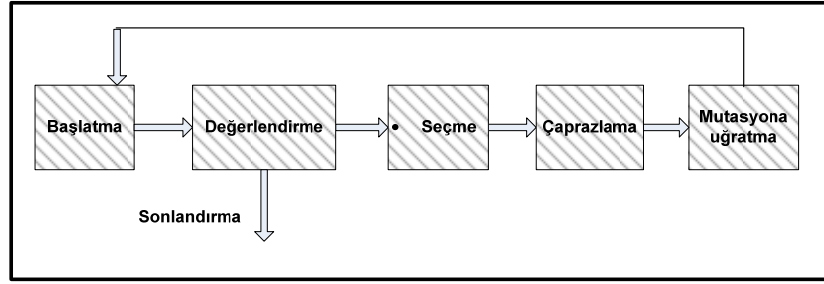
YSA genel olarak öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Öztemel, 2003). Karar destek sistemlerinde ise kriterler ve alternatifler arasındaki örüntünün belirlenmesinde, ara karar değerlerinin veya tüm kriterlere göre yapılan değerlendirmelerin birleştirilmesinde kullanılabilmektedir. Yapay sinir ağları hakkında daha detaylı bilgiler (Kalogirou, 2003; Nannariello and Frike, 2001; Haykin, 1999; Mellit and Kalogirou, 2008; Krose and Smagt, 1996; Jain and Martin, 1998; Hu and Hwang, 2001; Graupe, 2007; Kohonen, 2001; Russell and Norvig, 2003; Elmas, 2003; Öztemel, 2003) kaynaklarında bulunabilir.

3.2.4 Genetik Algoritmalar

Genetik algoritma (GA) en uygun olan bireyin hayatta kalması stratejisi ve daha güçlü bireylerin yeniden çoğalma yapabilme şansının çok olması üzerine kurulu bir algoritma olarak Holland (1975) tarafından geliştirilmiştir. GA, bilgisayarlı arama ve doğal kalıtım ve doğal seçilimi kullanan optimizasyon işlemi ile gerçekleştirilir. Temel yaklaşım, bir ve sıfır bit dizileri ile tanımlanan olabilir çözümlerin aranması problemi olarak modellemektir. Bu bit dizilerinin çeşitli bölümleri arama problemindeki parametreleri göstermektedir. Eğer bir problem çözme mekanizması akla uygun kompakt bir formda gösterilebilirse; genetik algoritmalar, birey çözümlerini gösteren bilgi yapısının popülasyonunu sürdürmek ve popülasyonun rekabete dayalı olarak zamanla geliştirilmesini sağlamak için kullanılabilir (Jain and Martin, 1998). GA, klasik yöntemlerden aşağıdaki noktalarda farklıdır (Buckles and Petry, 1994; Şen, 2004b):

- (a) GA, gelişmesi sırasında karar uzayında o zamana kadar mevcut olan bilgilerden yararlanarak en iyi çözüme ulaşmaya çalışır.
- (b) GA, yapısında saklı paralel hesaplama yöntemine sahiptir. Bu sayede aynı zamanda bir çok noktadan hareketle çözüm uzayındaki en iyi noktaya doğru adım adım gelişerek yaklaşır.
- (c) GA, rastgele algoritmalarıdır. Sonuçlarına ulaşmak için ihtimal ilkelerinden yararlanır. Buna göre çalışmalar sırasında bir rastgele sayı üreticisine gerek vardır.
- (d) GA, bir çok çözüm adayı üzerinde aynı zamanlı olarak işleyişlerini sürdürür. Bu süreç esnasında komşu ve önceki noktalardan topladığı bilgiler ve rastgele işlemler sayesinde daha da iyi çözümlere doğru ilerleyen bir mekanizmaya sahiptir.

Genetik algoritma kaliteli sonuçlara hızlı bir şekilde yaklaşır. Her ne kadar tek bir en iyi sonuca ulaşmayı garanti etmese de işleme gücü genetik algoritmayı etkin arama tekniği yapmaktadır. Genetik algoritmanın başlıca avantajı, problemin farklı bir çözümünü gösteren çok sayıda diziyi eş zamanlı olarak işleyebilmesidir. Böylece genetik algoritmanın lokal minimum noktasında takılıp kalma olasılığı fazlasıyla düşürülmüş olur çünkü olabilir çözüm uzayının tamamı eş zamanlı olarak aranmaktadır. Genetik algoritmanın yapısı Şekil 3.12’de gösterilmiştir:



Şekil 3.12 Genetik algoritma yapısı

Kromozomlardan oluşan bir popülasyon, doğada bulunan genetik değişim ve mutasyon fonksiyonları gibi genetik operatörlerin uygulanması ile çok sayıda nesil elde edilerek geliştirilir. Gelişim süreci en iyi kromozomların hayatta kalmasına ve bir nesilden diğer nesli elde etmek için çoğalmasına imkan sağlar. Aslında genetik algoritma, çok sayıda benzetimi yapılmış nesillerden elde edilen ve P aday bireylerinden oluşan popülasyonu sürdüren yinelemeli bir prosedürdür. Başlangıçta çözüm adaylarının belirli bir kurallar dizisi altında rastgele genetik olarak gelişmesi ile en iyi çözüme doğru ilerleyerek sonuca varılabilir (Goldberg, 1989). Genetik algoritma üç temel genetik işlemi içerir: seçme, çaprazlama ve mutasyona uğratmadır. Bu işlemler seçilmiş çözümleri modifiye etmek ve sonraki nesle geçiş için en uygun bireyleri seçmek için kullanılır (Mellit and Kalogirou, 2008). Genetik algoritmalar hakkında daha fazla bilgi için (Jain and Martin, 1998; Michalewicz, 1992; Goldberg, 1989; Reeves and Rowe, 2002; Mellit and Kalogirou, 2008) kaynaklarına başvurulabilir.

3.2.5 Melez Sistemler

Son yıllarda melez zeki sistemlerin popülaritesinin artmasının altında bu sistemlerin çok sayıda karmaşık gerçek hayat probleminde yaygın bir başarı elde etmiş olması yatmaktadır. Bu başarının ana nedeni makine öğrenmesi, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi sayısal zeki bileşenlerden elde edilen sinerjidir. Bu yöntemlerden her biri, karmaşık problemi çözmek için bilgi alanını ve gözlemsel veriyi kullanmaya izin veren tamamlayıcı akıl yürütme ve arama yöntemleri ile melez sistemler oluşturulmasını sağlarlar (Tsakonas and Dounias, 2002). Melez sistem modelleri şu şekilde sınıflandırılırlar (Abraham and Nath, 2000) :

- a) Bağımsız mimari: Bu mimaride bileşenler birbirileri ile etkileşmezler. Her bir bileşen problemi bağımsız olarak çözer.

b) Dönüşümsel melez mimari: Bu mimaride sistem bir bileşenle başlar ve diğer farklı bir bileşenle biter. Bileşenler arasında etkileşim vardır.

c) Hiyerarşik melez mimari: Hiyerarşik bir yapı vardır ve her bir katmanda farklı bir fonksiyonellik bulunur.

d) Kaynaşmış melez mimari: Bu mimaride farklı teknikler tek bir hesapsal modelde birleşir ve veri yapılarını, bilgi gösterimini paylaşırlar. YSA ve bulanık mantık kullanımı bu alanda kullanılan başlıca bileşenlerdir. Bu mimari sağlamlık, performans iyileşmesi kazandırmakta ve problem çözme yeteneğini artırmaktadır.

Yapay sinir ağları, bulanık mantık ve genetik algoritma tekniklerini; bir tekniğin eksik yönlerini diğer tekniğin avantajları ile kapatarak birleştirmek işe yarar ve etkin bir yaklaşımdır. Bu tekniklerin özellikleri Tablo 3.3'te karşılaştırılmıştır (Negnevitsky, 2004):

Tablo 3.3 Yapay zeka tekniklerinin karşılaştırılması

Özellik	Bulanık Mantık	Yapay Sinir Ağı	Genetik Algoritma
Bilgi gösterimi	Çok İyi	Çok Kötü	Kötü
Belirsizliği ifade edebilmesi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Eksik bilgi ile çalışabilmesi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Adapte olabilme	Kötü	Çok İyi	Çok İyi
Öğrenebilme	Çok Kötü	Çok İyi	Çok İyi
Açıklanabilirlik	Çok İyi	Çok Kötü	Kötü
Bilgi keşfi ve veri madenciliği	Kötü	Çok İyi	İyi
Korunabilirlik	İyi	Çok İyi	İyi

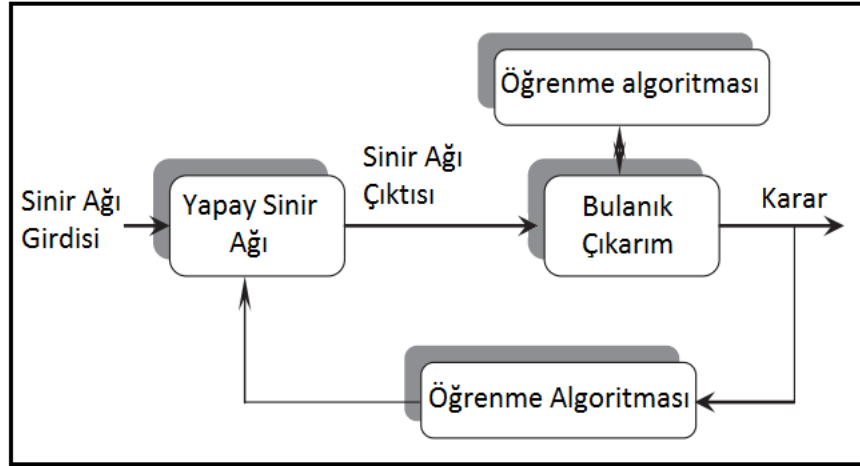
Bu teknikler şu şekillerde birleştirilebilir:

- Bulanık sistemlerde yapay sinir ağı kullanımı
- Yapay sinir ağları mimarisinde bulanık mantık kullanımı

- Bulanık sistemlerde genetik algoritma kullanımı
- Yapay sinir ağları mimarilerinde otomatik eğitime ve türetmede genetik algoritma kullanımı

Bulanık mantık ve yapay sinir ağı zeki sistemlerin tasarımında doğal olarak birbirini tamamlayan araçlardır. Yapay sinir ağı ham veriyi iyi işleyen düşük seviyeli hesaplama yapıları kullanırken bulanık mantık ise dilsel değerler ile gerçekleştirilen üst seviyeli akıl yürütme ile ilgilenir. Fakat bulanık mantığın öğrenme kabiliyeti yoktur ve yeni ortamlara adapte olamaz. Diğer taraftan YSA öğrenebilir ama anlaşılmaz bir yapısı vardır. Bu iki yöntemin birleştirilmesi ile YSA'nın paralel hesaplama ve öğrenme kabiliyeti, bulanık mantığın ise bilgi gösterimi ve açıklanabilirlik özelliklerini içeren bir zeki sistem elde edilmiş olur. Bunun sonucunda YSA daha saydam hale gelir. Bulanık mantık ise öğrenme yeteneği elde etmiş olur (Negnevitsky, 2004).

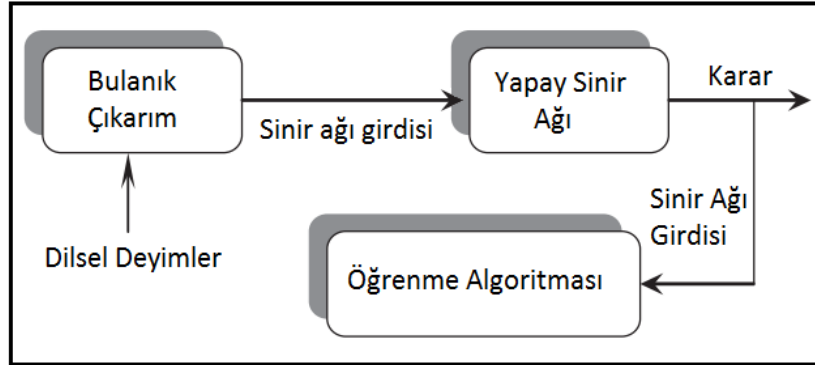
Şekil 3.13'te görüldüğü gibi çalışan Sinirsel Bulanık Sistem(SBS)'de girdi verisi YSA'ya verilir, burada işlenen veri YSA'nın çıktısı olarak bulanık çıkarım sistemine aktarılır. Çıkarım sistemi, gelen veriyi işleyerek bir çıkarım yapar ve böylece tüm sistemin çıktısı elde edilmiş olur (Ballı vd. 2009a).



Şekil 3.13 Sinirsel bulanık sistem

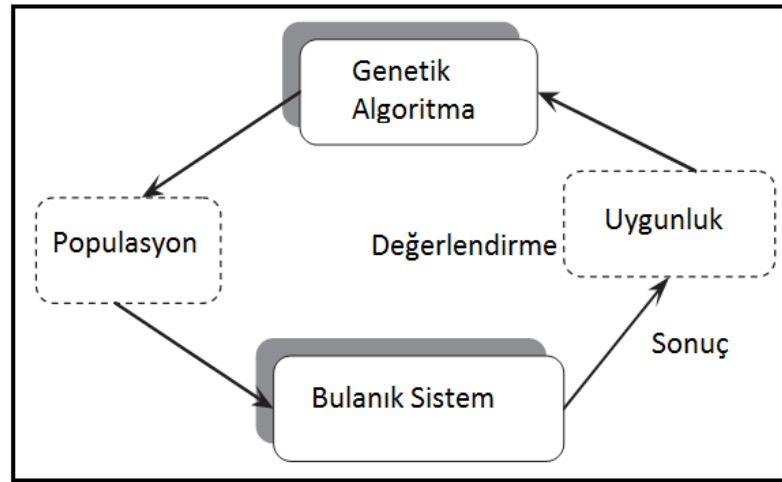
Şekil 3.14'te görülen Bulanık Sinirsel Sistem'de bulanık çıkarım sisteminin çıktısı YSA'ya girdi olarak verilir, burada işlenen veri YSA'nın çıktısı olarak alınır. Bunların haricinde Sugeno çıkarım mekanizmasını kullanan Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) de bulunmaktadır. ANFIS altı katmadan oluşan

bir ileri beslemeli yapay sinir ağı olarak gösterilir. Bu katmanlar: giriş, bulanıklaştırma, bulanık kurallar, normalleştirme, durulaştırma ve toplamadır.



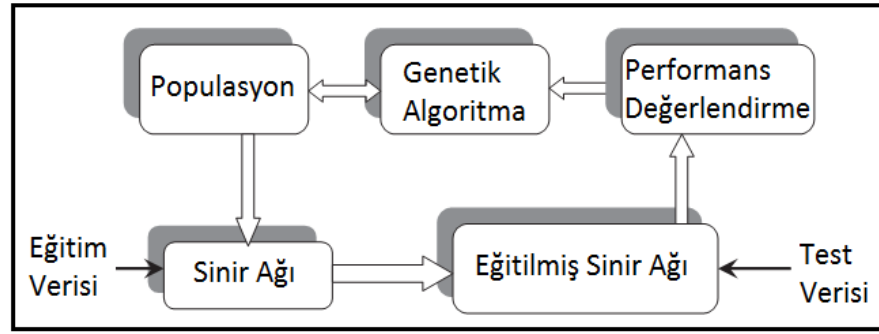
Şekil 3.14 Bulanık sinirsel sistem

Genetik algoritmalar bulanık sistemlerin tasarlanmasında, özellikle bulanık kuralların oluşturulmasında ve bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının ayarlanmasında kullanılmaktadır. Şekil 3.15’de genetik algoritma ile birlikte çalışan bulanık sistem görülmektedir. Burada genetik algoritma bulanık sistemin performansını artırmak için kullanılmaktadır.



Şekil 3.15 Genetik bulanık sistem

Yapay sinir ağında özellikle geri yayılım algoritması ile ağın eğitilmesinde optimal çözüme ulaşılmasının garantisi yoktur. Genetik algoritmalar ise yapay sinir ağının ağırlık optimizasyonu ve topoloji seçiminde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Şekil 3.16’da genetik algoritma ile birlikte çalışan yapay sinir ağında genetik algoritma ağların optimize edilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.16 Genetik sinir ağı sistemi

Melez zeki sistem tasarımları hakkında ayrıntı bilgileri (Medsker, 1995; Tsakonas and Dounias, 2002; Jain and Martin, 1998; Negnevitsky, 2004; Hopgood, 2000; Jang et al., 1997) kaynaklarında bulunabilir.

3.3 Önceki Çalışmalar

Karar destek sistemlerinde model olarak kullanılan çok kriterli karar verme, çoğu durumda her bir alternatifin her bir kriterle göre performansının ve tek bir alternatifin tüm değerlendirme kriterlerine göre göreceli önemliliğinin belirlenmesi için karar vericinin nitel ve(ya) nicel değerlendirme yapmasını gerektirmektedir (Mahdavi et al. 2008). Kısaca ÇKKV; çok sayıda, genellikle çelişkili kriterlere sahip mevcut alternatifler arasından en uygun olanını bulmayı temel alır (Işıklar and Büyüközkan, 2007). Çalışmada incelenen ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci bir çok kriterli karar verme tekniğidir ve Saaty (1980) tarafından geliştirilmiştir. Geleneksel AHS tekniği uzman bilgisini modelleyebilse de insan düşüncesi tam olarak yansıtamaz (Kahraman et al., 2003). Bu yüzden, belirsizlik içeren sistemlerin modellenmesi için başvurulmuş ve güçlü bir matematiksel araç olan bulanık küme teorisi kullanılarak Bulanık AHS (BAHS) yöntemi geliştirilmiştir. BAHS, karmaşık çok kriterli alternatifleri belirsiz ve subjektif yargılarla değerlendirebilmek için kullanışlı bir yaklaşımdır. Çalışmada ele alınan bir diğer ÇKKV yöntemi de TOPSIS'dir ve yaygın olarak bilinen alternatif sıralama yöntemlerinden bir tanesidir. TOPSIS yöntemi ilk olarak Hwang and Yoon (1981) tarafından önerilmiştir. TOPSIS'e göre en iyi alternatif; pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatiftir. (Lin et al, 2008; Benitez et al, 2007). Triantaphyllou and Lin (1996); AHS, ağırlıklandırılmış toplam modeli, ağırlıklandırılmış çarpım modeli ve TOPSIS'e dayalı bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin nasıl geliştirileceğini ortaya koymuşlardır.

BAHS ve TOPSIS yöntemleri son zamanlarda çok farklı alanlarda ve karmaşık karar problemlerinde bir arada kullanılabilmektedir. Tsaur et al. (2002) havayolu işletmelerinin servis kalitesini bulanık ÇKKV algoritması ile analiz etmişlerdir. Kriter ağırlıklarını belirlemek ve havayollarının buna göre sıralanmasını elde etmek için AHS ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Chen and Tzeng (2004) göç edilecek ülke seçimini ele almışlar ve subjektif yargılarla kriter ağırlıklarını belirlemek için BAHS, daha sonra en iyi ev sahibi ülkeyi bulmak için ise gri ilişki ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Işıklar and Büyüközkan (2007) mobil telefon alternatiflerinin değerlendirilmesi için ÇKKV modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada değerlendirme kriterlerinin göreceli ağırlıklarının belirlenmesinde AHS yöntemi, alternatiflerin sıralanması için ise TOPSIS yönteminin bir uzantısını kullanmışlardır. Taho et al. (2007), dinamik operatör yerleştirme probleminin çözümü için ÇKKV yöntemlerini incelenmişlerdir. Özelliklerin ağırlıklarının belirlenmesinde AHS ve tercih sıralamasını belirlemek için ise TOPSIS kullanılmıştır. Yang and Hung (2007) fabrika planı tasarım problemi TOPSIS ve bulanık TOPSIS kullanan bir karar verme modeli önermişlerdir. Önüt and Soner (2008) katı atık taşıma bölgesi seçimi problemi için bulanık TOPSIS ve AHS yöntemlerini beraber kullanmışlardır. İç and Yurdakul (2008) mekanik üretim merkezi seçimi için BAHS ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Lin et al. (2008) müşteri güdümlü ürün tasarım süreci için bir yapı sunmuşlardır. Bu yapıda, AHS bütün müşteri gereksinimleri ve tasarım karakteristiklerinin göreceli değerlendirilmesinde, TOPSIS ise rekabetçi test ve değerlendirme gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Büyüközkan et al. (2008), lojistik tedarik zincirinde stratejik birleşme ortağı seçimi için BAHS ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Ertuğrul and Karakaşoğlu (2009) firmaların performanslarını mali oranlar ve karar vericilerin subjektif yargıları ile değerlendirmek için bir bulanık model geliştirmişlerdir. Bu modelde BAHS kriter ağırlıklarının karar vericiler tarafından değerlendirilmesinde, TOPSIS ise firmaların sıralanmasında kullanılmıştır. Ballı and Korukoğlu (2009) bilgisayar sistemlerinde uygun işletim sisteminin seçilmesi için BAHS ve TOPSIS kullanan bir bulanık karar verme modeli geliştirmişlerdir. Dağdeviren et al. (2009) bulanık ortamda optimal silah seçimi için AHS ve TOPSIS tabanlı bir değerlendirme modeli sunmuşlardır. Gumus (2009), zararlı atık taşıma firmalarının değerlendirilmesinde BAHS ve TOPSIS kullanan iki aşamalı bir metodoloji geliştirmiştir. Torfi et al. (2010), BAHS ve bulanık TOPSIS kullanarak kullanıcı öncelikleri ile ilgili alternatif seçenekleri de değerlendiren bir bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı geliştirmişlerdir.

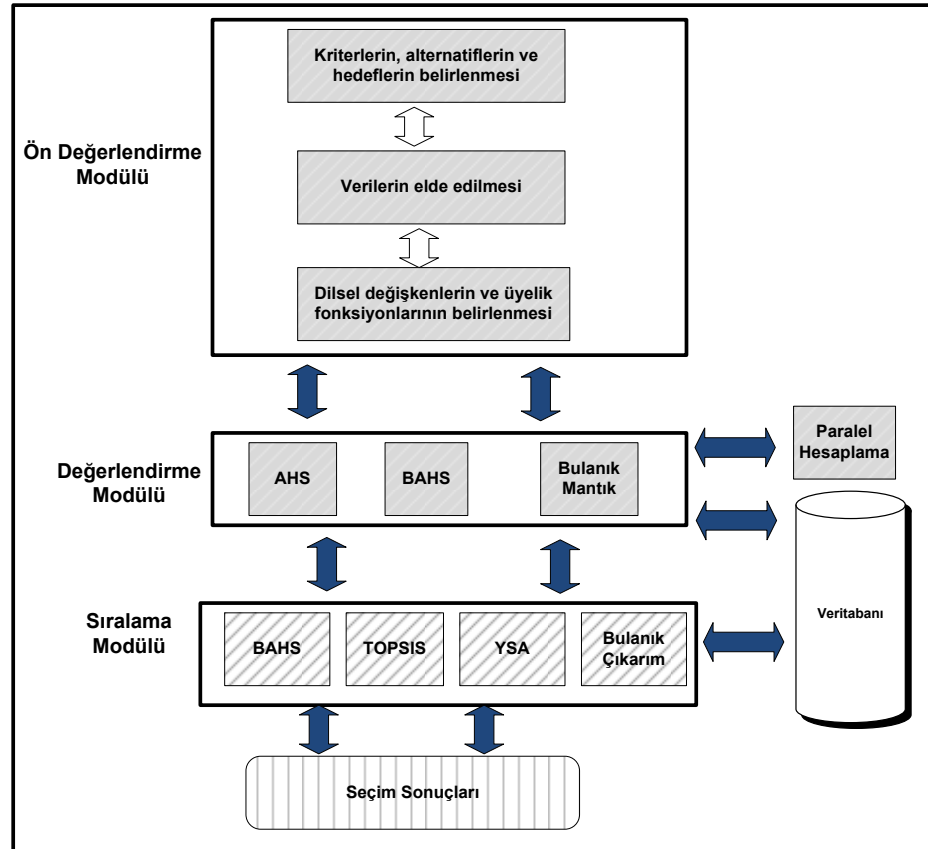
Web tabanlı karar destek sistemleri için mimari ve teknoloji konusunda yapılan son zamanlardaki çalışmalarda Bharati and Chaudhury (2004) web tabanlı karar destek sistemlerinin karar verme memnuniyetine etki eden faktörleri araştırmıştır. Önerdikleri kavramsal modelde sistem kalitesi, bilgi kalitesi ve bilgi sunumu gibi üç bağımsız değişken kullanmışlardır. Sonuç olarak sistem ve bilgi kalitesi kullanıcı memnuniyetine doğrudan etki ederken, bilgi sunumunun etkisi görülmemiştir. Iyer et al. (2005) veri ve modellerin dağıtık olduğu durumda karar destek için model yönetimini incelemişlerdir. Güntzer et al. (2007) kullanıcılara online bilgi kaynağı sağlamak için yapılandırılmış servis modeli önermişlerdir. Zhang and Goddard (2007) web tabanlı karar destek sistemlerinin tasarımı için yazılım mimarilerini uygulamış ve katmanlı bir yazılım mimarisi önermişlerdir. Valente and Mitra (2007) model güdümlü karar destek için uygulama servis sağlama ve e-servis paradigmalarını karşılaştırmışlardır.

Uygulamaya yönelik son araştırmalarda ise Dong et al. (2004) portföy seçimi için web tabanlı karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Sistemde online analitik işleme (OLAP) ve paralel sanal makine (PVM) kullanmışlardır. Ngai and Wat (2005) e-ticaret geliştirilmesinde risk analizi yapan bulanık küme teorisi kullanan bir web tabanlı karar destek sistemi geliştirmiştir. Ray (2007) web tabanlı karar destek teknolojilerinin gerçekleştirimini gösteren bir durum çalışması yapmıştır. Chen et al. (2007) web tabanlı grup karar destek sistemlerinin tasarımı, uygulanması ve değerlendirilmesini incelemiştir. Delen et al. (2007) sinema endüstrisindeki karar vericilere yardımcı olmak için web tabanlı karar destek sistemi geliştirmişlerdir.

ÇKKV yöntemleri ile geliştirilen web tabanlı karar destek sistemleri de farklı uygulama alanlarında başarıyla uygulanmıştır. Zhu and Dale (2001), doğal kaynaklar ve çevre yönetimi için AHS kullanan bir web tabanlı karar analiz aracı önermişlerdir. Hwang (2004), mühendislik projelerinin değerlendirilmesi için BAHS kullanan bir web tabanlı çok nitelikli bir model geliştirmiştir. Sundarraaj (2004), servis anlaşmalarının yönetimi için web tabanlı bir AHS yaklaşımı önermiştir. Lu et al. (2005), Web üzerinden bulanık çok kriterli grup karar destek sistemi geliştirmiştir. Lee and Chung (2005), zeki bir internet alışveriş merkezi kurmak için web tabanlı bir karar destek sistemi önermişlerdir. Rahimi et al. (2007), bulanık TOPSIS kullanan web tabanlı bir tıbbi teşhis sistemi geliştirmişlerdir. Hwang et al. (2007), Üret ya da Satın al kararları için BAHS kullanarak web tabanlı birçok nitelikli analiz modeli geliştirmişlerdir. Cakir and Canbolat (2008) ise BAHS kullanan bir web tabanlı envanter sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir.

4. MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN TASARIMI, GELİŞTİRME, GENEL BİR MİMARİSİ

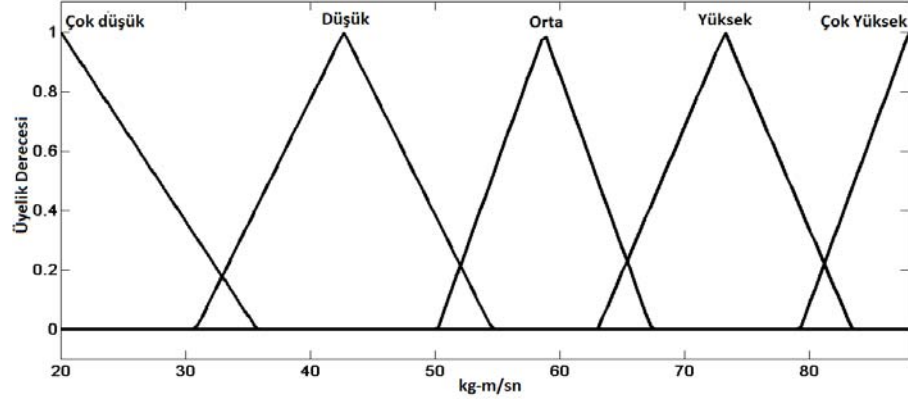
Karar problemlerinde nicel olarak belirlenebilen özellik ve kriterlerin yanı sıra nitel olarak belirlenen kriterler de mevcut olabilir. Ya da problem sadece sözel olarak ifade edilebilen yani kesin olarak tanımlanamayan nitel kriterlerden oluşabilir. Çalışmada bu tür kriterleri veya her iki türden kriterleri de içeren karmaşık karar problemlerinin optimal olarak çözülebilmesi için ÇKKV ve yapay zeka tekniklerinin melez olarak kullanılması ile oluşturulan genel bir karar destek modeli önerilmiştir. Önerilen melez karar destek sistemi mimarisi Şekil 4.1'den görüldüğü üzere üç modülden oluşmaktadır ve bunlar ön değerlendirme modülü, değerlendirme modülü ve sıralama modülüdür. Ön değerlendirme modülünde ilk önce ele alınan probleme yönelik kriter, alternatifler ve hedefler belirlenir.



Şekil 4.1 Melez Karar Destek Sistemi Mimarisi

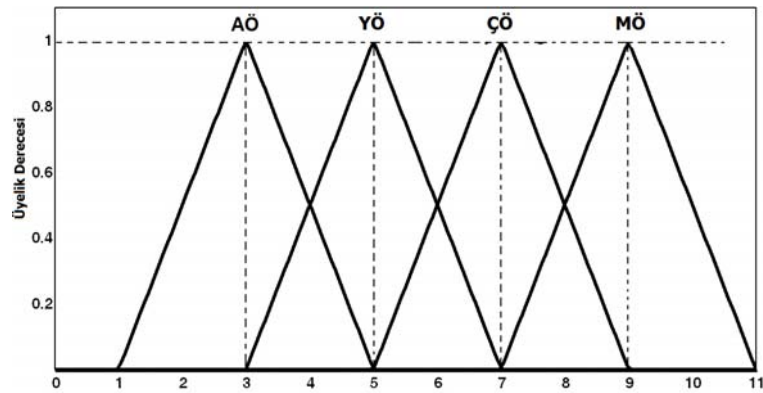
Daha sonra probleme yönelik veriler ele alınır ve analiz edilir. Bu veriler için dilsel değişkenler ve üyelik fonksiyonları belirlenir. Burada kriterler nicel ve nitel kriterler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Geliştirilen modelde her iki durumun da söz konusu olduğu karar verme problemlerinde belirsizlik içeren

kriterlerin bulanık kümelerle temsil edilmesi ve onlar üzerinde bulanık mantık işlemleri yapılması ile karar vermede çözüme gidilmeye çalışılmaktadır. Buna göre her bir kriter için bulanık kümeler belirlenir. Nicel kriterler, Şekil 4.2’de örnek olarak verilen üyelik fonksiyonları ile bulanık değerlere dönüştürülmektedir. Buradan görüldüğü gibi “çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek” dilsel(sözel) değerleri ile ifade edilen beş ayrı bulanık küme bulunmaktadır.



Şekil 4.2 Bulanık üyelik fonksiyonu

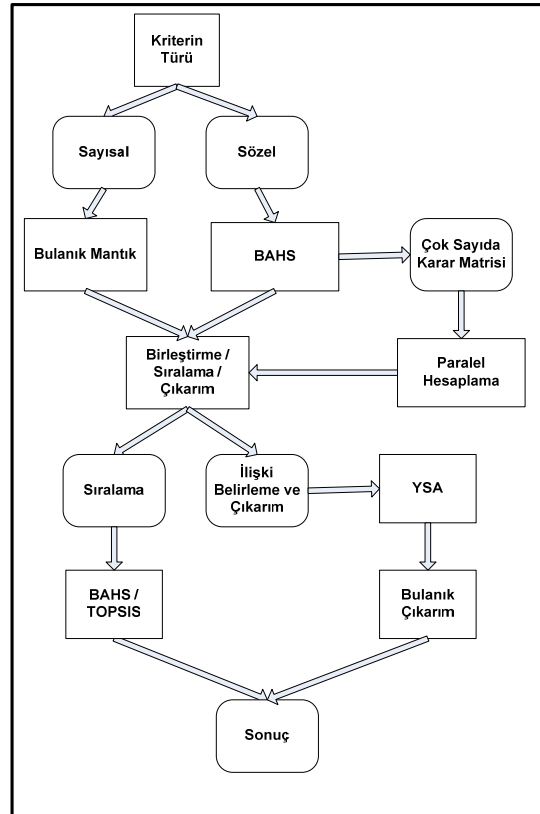
Nitel kriterler için alternatifleri birbirleri ile ikili olarak karşılaştırarak “daha iyi, daha kötü” şeklinde değerlendirme yapılmasını sağlayan BAHS’de sözel değerler kullanılmaktadır. Buna göre her bir kriter için alternatiflerin öncelik(üyelik) değerleri onların ikili karşılaştırmaları yapılarak belirlenir. İkili karşılaştırma matrisi oluşturmak için Şekil 4.3’teki bulanık dilsel ölçeklendirme geliştirilmiştir. Dilsel ölçeklendirme değerleri ve buna karşılık gelen bulanık üçgensel sayılar ise Tablo 4.1’den görülebilir.



Şekil 4.3 Üçgensel bulanık dilsel ölçeklendirme

Tablo 4.1 Dilsel ölçeklendirme değerleri

Dilsel Ölçek	Açıklama	Üçgen	Ters Üçgen	Ters Dilsel Ölçek
Eşit önemli (EÖ)	Her iki alternatif amaç için eşit önceliğe sahiptir.	(1,1,1)	(1,1,1)	TEÖ
Az Önemli (AÖ)	Bir alternatif diğerine göre biraz daha iyidir.	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	TAÖ
Yeterince önemli (YÖ)	Bir alternatif diğerine göre yeterince daha iyidir.	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)	TYÖ
Çok önemli (ÇÖ)	Bir alternatif diğerine göre çok iyidir.	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	TÇÖ
Mutlak önemli (MÖ)	Bir alternatif diğerine göre en yüksek derecede iyidir.	(7,9,11)	(1/11,1/9,1/7)	TÇÖ

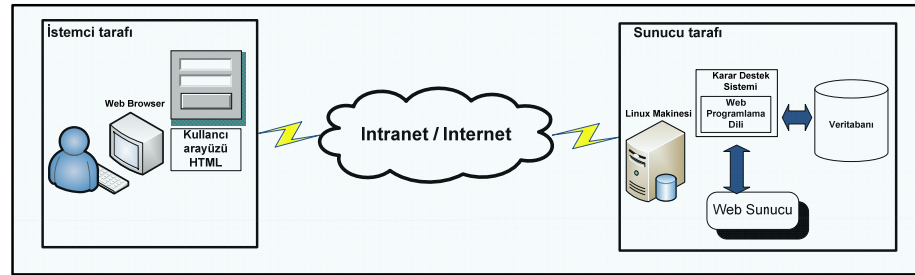


Şekil 4.4 Önerilen modelin işlem adımları

Değerlendirme modülünde, AHS, BAHS ve bulanık mantık; kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve alternatiflerin her bir alt kriter için dilsel terimlerle ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir. Bu modülde

elde edilen kriter bilgileri ve alternatifler için ikili karşılaştırmalar veritabanında tutulmakta ve ayrıca çok sayıda benzer hesaplamalar için paralel hesaplama tekniği de kullanılabilir. Sıralama modülünde ise ara sonuçların birleştirilmesi, alternatiflerin sıralaması ve çıkarım gibi işlemler BAHS, TOPSIS, YSA ve bulanık çıkarım yöntemlerine göre bulunabilmektedir. Daha sonra seçim işlemi bu sıralama sonuçlarına göre yapılmaktadır. Buraya kadar anlatılan karar modelinin işlem adımları Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Web tabanlı karar destek sistemi, karar vericiler için kullanımı ve erişimi kolay ve diğerlerine göre daha rahat ve konforlu bir karar verme ortamı sunmaktadır. Ayrıca kurulum gerektirmez ve online karar destek sağlamaktadır. Web teknolojisi kullanılması ile alternatif tercihleri ve değerlendirilmesi uniform olarak yapılmakta ve benzer alternatiflerin de her zaman aynı yolla değerlendirilmesi garanti altına alınmaktadır. Ek olarak her karar vericinin aynı web tabanlı sistemi ve kuralları kullanması ile süreç yönetimi de daha uniform ve standart hale gelmektedir. Web tabanlı karar destek sistemi ise ağ üzerinden haberleşme sağlayan istemci-sunucu yazılım mimarisi modeline dayanmaktadır. Sistem mimarisi Şekil 4.5'de verilmiştir. Sunucu tarafında bir Linux işletim sistemine sahip bir makine ve bu makine üzerine kurulu web sunucusu, veri tabanı yönetim sistemi ve Web programlama dilinin yer aldığı modül bulunmaktadır. İstemci tarafında ise herhangi bir kurulum gerekmemektedir. Kullanıcılar, Web standartlarını destekleyen web görüntüleme programları ile bilgisayar ağı üzerinden sisteme ulaşabilmektedirler.



Şekil 4.5 Web Tabanlı Karar Destek Sistemi Mimarisi

İstemci tarafında bir kullanıcı web görüntüleyici ile sisteme ulaştığında, kullanıcı etkileşimi için gerekli sayfa dinamik olarak o anda oluşturulabilmektedir. Karar verme modeli ilgili web programlama dili ile kodlanarak sunucu tarafında yer almaktadır. Dinamik web programlama için PHP, Java, Python gibi diller kullanılabilir. Bu diller, son kullanıcı için veritabanından verilerin alınması ve HTML sayfası oluşturulması için kullanılmaktadır. Görsel nesne tabanlı web sayfaları oluşturmak için Zend Framework vb. gibi araçlardan faydalanılabilir.

5. MELEZ ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu çalışmada, melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştiriminin nasıl yapılacağı incelenmiş ve bunun için iki farklı karmaşık karar problemi ele alınmıştır. Birinci problem “İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Seçimi Problemi”, ikinci problem ise “Basketbolda Oyuncuların Değerlendirilmesi ve Seçilmesi”dir. Bu karar problemlerinin çözümüne yönelik melez zeki karar destek sistemlerinin mimarisinin tasarlanması ve geliştirilmesi daha sonra uygulanması gerçekleştirilmiştir. Bundan sonraki alt bölümlerde sırasıyla bu problemler ve bunlara yönelik geliştirilen karar destek sistemleri detaylı olarak anlatılacaktır.

5.1 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Karar Destek Sistemi

Günümüzde teknoloji akıl almaz bir hızda gelişmekte ve teknolojik güncellemelere uyum sağlama konusunda verilecek kararların da sıkça ele alınması gerekmektedir. Bu yüzden organizasyon ve işletmeler bu değişimleri takip etmek ve teknolojilerini bu değişimlere uydurmak zorundadır. Bu şekilde etkin bir çalışma ortamı, işgücü ve verim sağlarlar. Bu teknolojik değişimlerden bir tanesi de bilgisayarların vazgeçilmez bir parçası olan işletim sistemleridir (Ballı and Korukoğlu 2009). İşletim sistemi; donanımı doğrudan kontrol eden ve yöneten, temel sistem işlemlerini ve uygulama programlarını yürüten bir yazılımdır. Girdi/Çıktı birimlerine, belleğe ve dosya sistemine erişimi sağlar. Eğer birden fazla program eş zamanlı olarak çalışıyorsa, işletim sistemi bunlara sistemden yeterli kaynağı ayırmak ve bu programların çakışmasını önlemek zorundadır. İşletim sistemi seçimi problemi için, geleneksel mühendislik ekonomi modellerinin kullanılması sonucunda bu modeller işletim sistemlerinin faydalı özelliklerini gözden kaçırmaktadır. Bu yüzden geniş kapsamlı ÇKKV tekniklerine (TOPSIS, AHS, ELECTRE, PROMETHEE vb.) ihtiyaç duyulmaktadır (Tolga et al., 2005).

Tolga et al. (2005), işletim sistemi seçimi problemi için bulanık yenileme analizi ve AHS yöntemlerini önermişler ve işletim sistemlerinin ekonomik ve ekonomik olmayan faktörlerini ele almışlardır. Bu çalışmada (Ballı and Korukoğlu 2009) ise işletim sistemlerinin değerlendirilmesi için teknik özellikler dikkate alınmış ve bunun için BAHS ve TOPSIS yöntemleri birlikte

kullanılmıştır. Önerilen sistem ön değerlendirme, değerlendirme ve sıralama olmak üzere üç modülden oluşmaktadır. Ön değerlendirme modülünde kriter ve alternatifler belirlenmektedir. Değerlendirme modülü kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve işletim sistemlerinin her bir alt kriter için dilsel terimlerle değerlendirilmesinde kullanılan BAHS yöntemini içermektedir. Sıralama modülünde ise alternatiflerin sıralaması BAHS ve TOPSIS yöntemlerine göre ayrı ayrı bulunmuş ve birbiri ile karşılaştırılmıştır. Tüm işlemleri sistematik bir yapıda analiz etmek ve daha efektif bir karar destek mekanizması sağlamak için web tabanlı bir KDS geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem; ÇKKV tabanlı, bilgi güdümlü ve model güdümlü KDS'lerin uygun elemanlarını içeren bir web tabanlı karar destek sistemidir ve amacı karar destek yazılımının yardımı ile karar verme kalitesini arttırmaktır. Ayrıca değerlendirme adımıdaki BAHS işleminin paralelleştirmesi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Problemin tanımı ve içerdiği kriterler bir sonraki bölümde detaylı olarak ele alınacaktır.

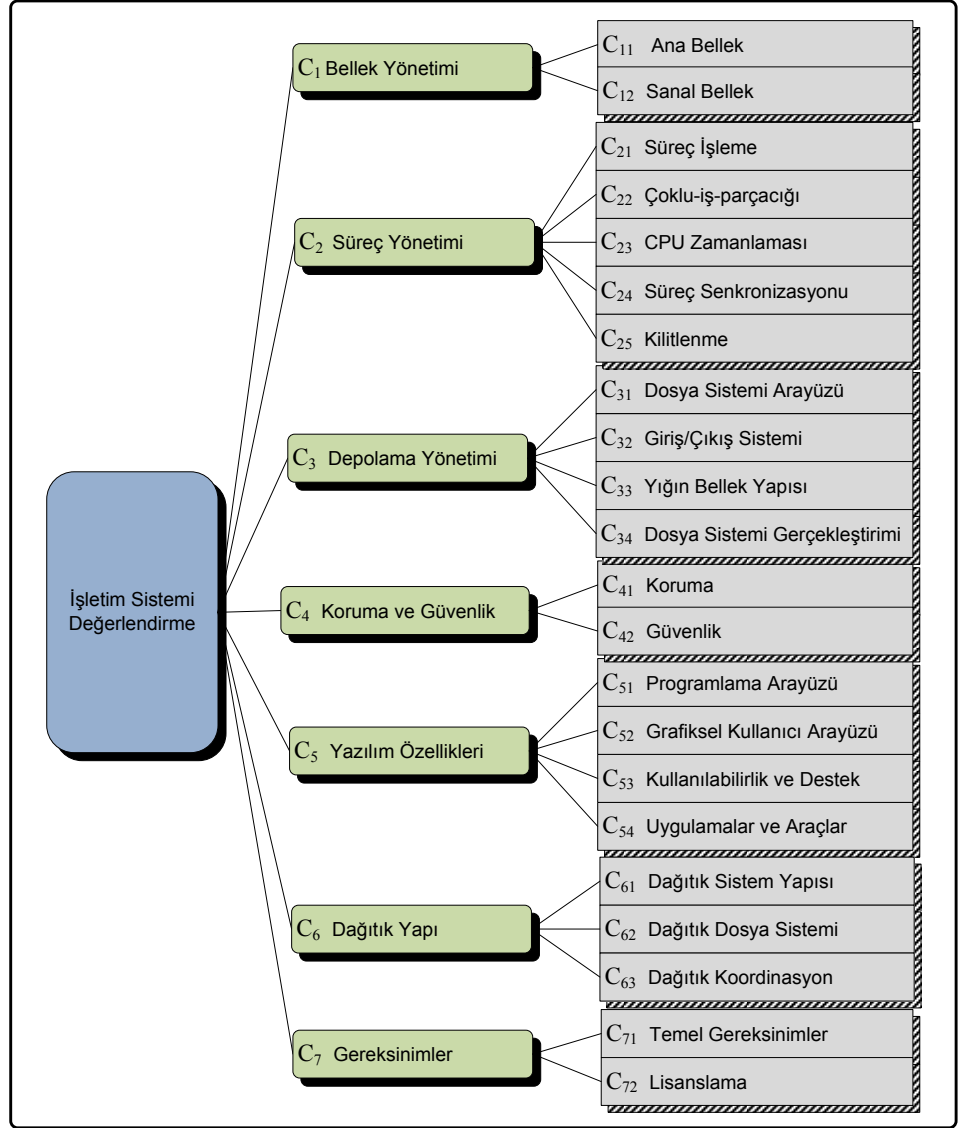
5.1.1 Problemin Tanımı

İşletim sistemi bilgisayar kullanıcısı ile bilgisayar donanımı arasında iletişimi gerçekleştiren ara rolü üstlenen bir araçtır. Ana amacı, kullanıcıya bir programı çalıştırabilmesi için elverişli ve rasyonel bir ortam sağlamaktır (Silberschatz et al. 2004). Bir işletim sistemi seçerken dikkate alınabilecek çok sayıda özellik vardır. McKusick and Neville-Neil (2004), Silberschatz et al. (2004), Tanenbaum and Woodhull (2006)'ya göre bu özellikler şu şekilde kategorileştirilebilir: Bellek yönetimi, Süreç yönetimi, Depolama yönetimi, Koruma ve güvenlik, Yazılım özellikleri, Dağıtık yapı, Gereksinimler. Bu özellikler ve alt özellikleri hiyerarşik olarak Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Problem çok kriterlidir ve kriterler kendi içlerinde alt kriterlere ayrılmıştır. Bunlar aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

Bellek Yönetimi (C_1): CPU'dan daha iyi yararlanmak ve onun kullanıcıya verdiği tepki hızını artırmak bilgisayarın bellekte tutabildiği süreç sayısı ile ilgilidir. Bellek, Ana Bellek (C_{11}) ve Sanal Bellek (C_{12}) olarak ikiye ayrılır. Programlar ve kullandıkları veriler çalışma esnasında ana bellekte tutulurlar. Sanal bellek ise çalışma esnasında tamamen bellekte olmayan süreçlerin çalışmasına izin verir.

Süreç Yönetimi (C_2): Süreç, eş zamanlı olarak farklı programları çalıştırabilen bir bilgisayar sistemi tarafından sırayla çalıştırılan programlardan birinin özel bir şekli olarak tanımlanabilir. Geleneksel olarak bir süreç yalnızca bir iş

parçacığından oluşurken, şu anda modern işletim sistemleri çok fazla iş parçacığından oluşan süreçleri desteklemektedir. İşletim sistemi süreç ve iş parçacığı arasındaki iletişimde şu etkinlik ve özellikleri karşılayabilmelidir: Süreç İşleme (C_{21}), Çoklu-iş-parçacığı (C_{22}), CPU Zamanlaması (C_{23}), Süreç Senkronizasyonu (C_{24}) ve Kilitlenme (C_{25}).



Şekil 5.1 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Hiyerarşisi

Depolama Yönetimi (C_3): Ana bellek bütün verileri ve programları kalıcı olarak saklamak için çok küçüktür ve bilgisayar sistemi ana belleğin yedeğini almak için ikincil bir depolama ortamı sağlamalıdır. Modern bilgisayar sistemleri bu bilgileri

saklamak için birincil online(çevrimiçi) saklama ortamı(disk) kullanır. Dosya sistemi diskte bulunan veri ve programlara erişmek için bir mekanizmadır. Depolama yönetiminin özellikleri: Dosya Sistemi Arayüzü (C₃₁), Giriş/Çıkış Sistemi (C₃₂), Yığın Bellek Yapısı (C₃₃) ve Dosya Sistemi Gerçekleştirimi (C₃₄)'dir.

Koruma ve Güvenlik (C₄): Koruma (C₄₁) iç problemdir. İşletim sisteminde yer alan süreçler birbirlerinin hareketlerinden korunmalıdır. Koruma bilgisayar sistemi tarafından tanımlanan kaynaklara, programların, süreçlerin ve kullanıcıların erişimlerini kontrol altında tutan mekanizmadır. Koruma işletim sisteminin güvenilirliğini artırır. Bunun yanında Güvenlik(C₄₂) ise bilgisayar sistemi ve bulunduğu çevre arasında düşünülür. Güçlü bir güvenlik; bilgisayar kaynaklarının yetkisiz erişime, kötü niyetli kullanıma ve tutarsız çalıştırılmaya karşı korunmasıdır.

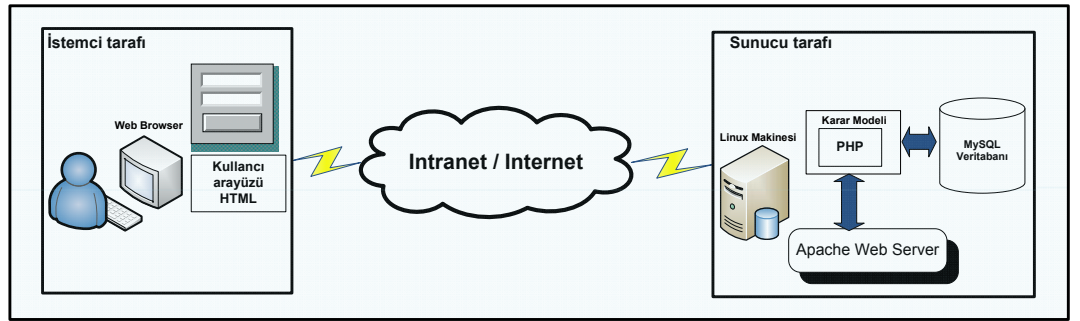
Yazılım Özellikleri (C₅): Bir işletim sistemi farklı kullanım amaçlarına göre ihtiyacı karşılamak için işe yarar ve çok sayıda uygulama yazılımı içermelidir. Yazılım özellikleri; Programlama Arayüzü (C₅₁), Grafiksel Kullanıcı Arayüzü (C₅₂), Kullanılabilirlik ve Destek (C₅₃), Uygulamalar ve Araçlar (C₅₄)'dir. Programlama Arayüzü, geliştiricilerin sistem çekirdeği, giriş/çıkış birimleri gibi sistem kaynaklarına erişimini sağlar. Grafiksel Kullanıcı Arayüzü, işletim sistemi ve kullanıcı arasında daha kolay etkileşim sağlamak için bilgisayar grafiklerinin özelliklerini kullanır. Kullanıcı isteklerini tatmin etmek için uygulama ve araçlar geliştiriciler tarafından yenilenebilir olmalı ve desteklenmelidir.

Dağıtık Yapı (C₆): Dağıtık bir sistem, bellek ve saati paylaşmayan işlemciler topluluğudur. Her işlemcinin kendi lokal belleği olması yerine ortak bellek kullanımı vardır ve işlemciler birbirleriyle lokal alan veya geniş alan ağlarda iletişim hattı ile haberleşirler. Dağıtık Sistem Yapısı (C₆₁)'nda iletişim ağ tasarımı, dağıtım ve iletişim stratejileri içermeli, çakışma ve güvenlik problemlerini çözebilmelidir. Dağıtık Dosya Sistemi (C₆₂) klasik dosya sisteminin zaman paylaşımı modelini dağıtık olarak gerçekleştirir, çok sayıda kullanıcı dosya ve depolama kaynaklarını paylaşabilir. Ortak bellek ve ortak saati olmayan bir dağıtık sistemde, iki olayın gerçekleşme sırasını belirlemek imkânsızdır. Dağıtık Koordinasyon (C₆₃) için zaman damgası ve karşılıklı dışlama tutarlı olay sıralaması elde etmek için kullanılabilir.

Gereksinimler (C_7): İşletim sistemini kullanmadan önce kullanılan bilgisayar sistemi, hızlı işlemci, minimum RAM bellek, hard diskte yeterli boş alan vb. gibi Temel Gereksinimleri (C_{71}) sağlamalıdır. Lisanslama (C_{72}) belirli bir fiyata tekabül eden ve geliştiriciden satın alınan önemli bir özelliktir. Bunun yanında genel lisanslar bir ücret gerektirmez.

5.1.2 Geliştirilen Web Tabanlı Bulanık Karar Destek Sisteminin Mimarisi

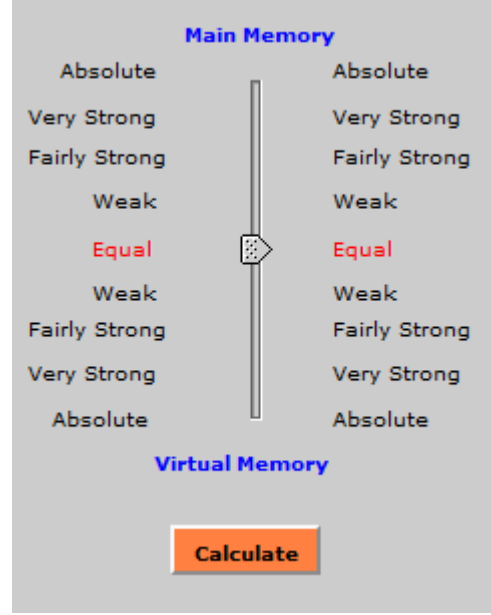
Geliştirilen sistem ağ üzerinden haberleşme sağlayan istemci-sunucu yazılım mimarisi modeline dayanmaktadır. Sistem mimarisi Şekil 5.2’de verilmiştir. Sunucu tarafında bir Linux işletim sistemine sahip bir makine ve bu makine üzerine kurulu Apache web sunucusu (The Apache Software Foundation, 2002), MySQL veri tabanı yönetim sistemi (Sun Microsystems, 2008) ve PHP (The PHP Group, 2004) modülü bulunmaktadır. İstemci tarafında ise herhangi bir kurulum gerekmemektedir. Kullanıcılar, Firefox (Mozilla, 2009) ya da Internet Explorer (Microsoft, 2008) gibi W3C (2009) standartlarını destekleyen web görüntüleme programları ile bilgisayar ağı üzerinden sisteme ulaşabilmektedirler. Sistemin tüm bileşenleri herhangi bir maliyet gerektirmeyen açık kaynak ve ücretsiz çözümlerle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.2 Web Tabanlı Karar Destek Sistemi Mimarisi

PHP son kullanıcı için veritabanından verilerin alınması ve HTML sayfası oluşturulması için kullanılmaktadır. Görsel nesne tabanlı web sayfaları oluşturmak amacıyla Görsel bileşen kütüphanesinden (VCL for PHP, 2007) faydalanılmıştır. İstemci tarafında bir kullanıcı web görüntüleyici ile sisteme ulaştığında, kullanıcı etkileşimi için gerekli sayfa dinamik olarak o anda oluşturulmaktadır. İki kriter arasındaki dilsel değerler Şekil 5.3’teki gibi track bar görsel bileşeni ile belirlenmektedir. Burada “Eşit önemli”, “Zayıf derecede önemli”, “Yeterince önemli”, “Çok önemli” ve “Mutlak derecede önemli” gibi doğal dil terimleri kullanılarak değerlendirme yapılmaktadır. Kullanıcı gönder

düğmesine tıkladığında, formdaki her bir kriter için olan dilsel değerler Apache sunucusunun olduğu sunucu tarafına gönderilmekte ve veri tabanında bunlara karşılık gelen bulanık değerlerle eşleştirilip daha sonra karar algoritması çalıştırılarak sonuçlar geriye döndürülmektedir.



Şekil 5.3 Kullanıcı etkileşimi ara yüzü

Veritabanı, MySQL veri tabanı yönetim sistemi kullanılarak oluşturulmuştur. Veritabanı mimarisi ve tablolar arasındaki ilişkiler Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Ana kriterler, alt kriterler, alternatifler ve bulanık değişkenler ayrı ayrı tablolarda değerlendirme değerleri ise bunlar arasındaki ara tablolarda tutulmaktadır. Veritabanı üzerindeki sorgulamalar SQL (Codd, 1970) dili kullanılarak yapılmaktadır. Veritabanına dilsel değerlerin ve onlara bağlı bulanık sayıların girilmesi aşağıdaki SQL deyimleri ile gerçekleştirilmektedir:

```
INSERT INTO Main_Criteria VALUES ('1', 'Memory Management');
```

```
INSERT INTO Sub_Criteria VALUES ('1', '1', 'Main Memory');
```

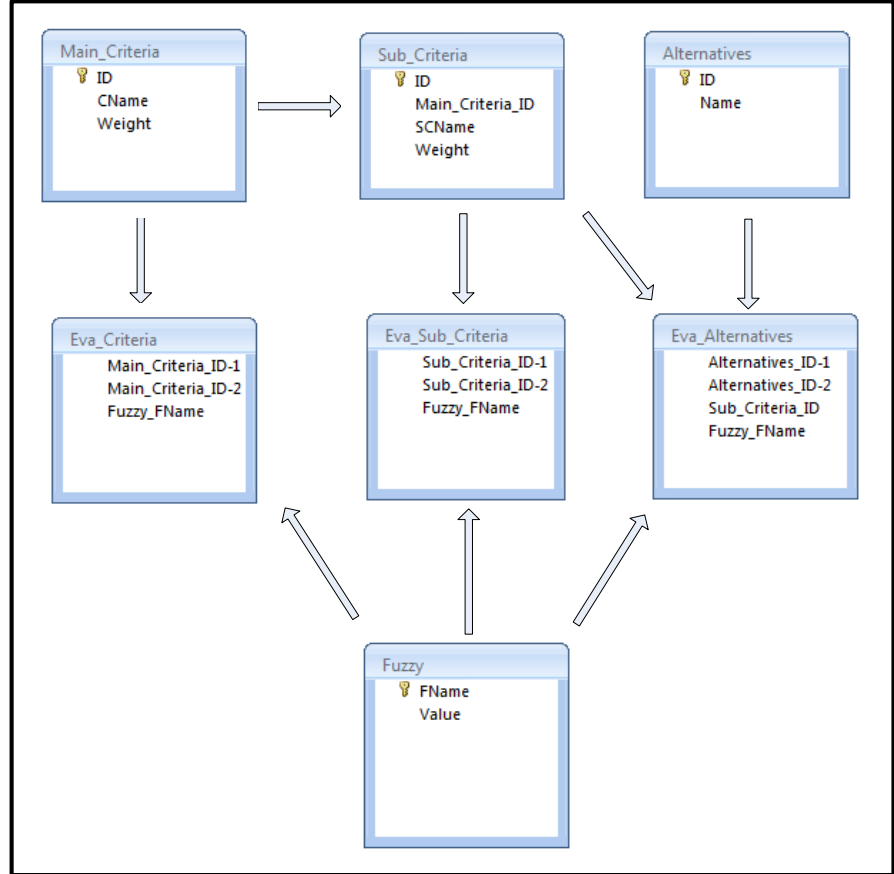
```
INSERT INTO Alternatives VALUES ('1', 'A');
```

```
INSERT INTO Fuzzy VALUES ('Equal', '1,1,1');
```

```
INSERT INTO Eva_Criteria VALUES ('1', '2', 'Equal');
```

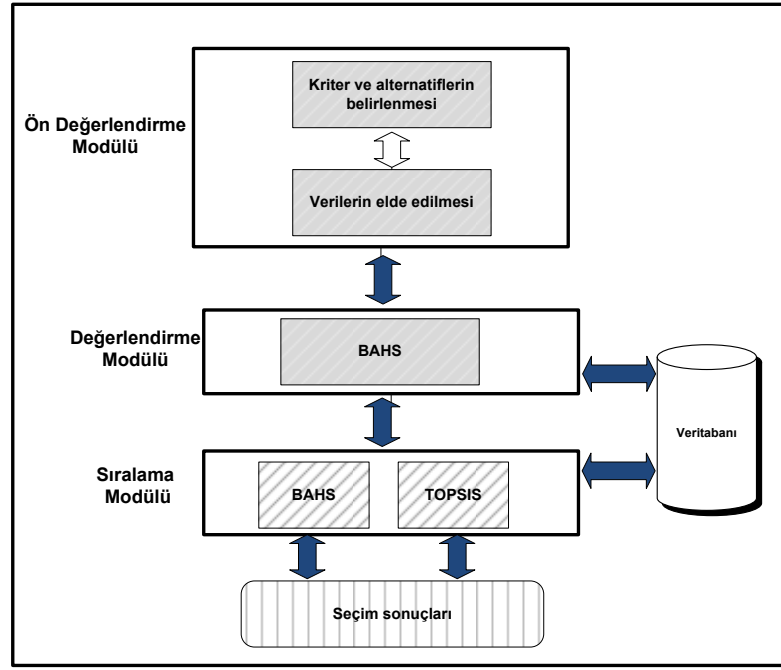
INSERT INTO Eva_Sub_Criteria VALUES ('1', '2', 'Weak');

INSERT INTO Eva_Alternatives VALUES ('1', '2', '3', 'Fairly Strong');



Şekil 5.4 Veri Tabanı Mimarisi

Karar süreci, üç modülden oluşmaktadır ve bunlar Şekil 5.5’den görüldüğü üzere ön değerlendirme, değerlendirme ve sıralama modülleridir. Ön değerlendirme modülünde kriter ve alternatiflerin belirlenmesi ve BAHS için ikili karşılaştırma verilerinin elde edilmesi işlemleri gerçekleştirilir.



Şekil 5.5 Karar verme süreci

Değerlendirme modülünde, BAHS, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve işletim sistemlerinin her bir alt kriter için dilsel terimlerle ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Kriter bilgileri ve alternatifler için ikili karşılaştırmalar veritabanında tutulmaktadır. Sıralama modülünde ise alternatiflerin sıralaması BAHS ve TOPSIS yöntemlerine göre ayrı ayrı bulunmuş ve birbiri ile karşılaştırılmıştır. Seçme işlemi bu sıralama sonuçlarına göre yapılmaktadır. Karar destek sisteminin örnek üzerinde uygulanması ve deneysel sonuçlar bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

5.1.3 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Uygulaması

Geliştirilen sistemin uygulanabilirliği ve geçerliliğini göstermek için, model bir uygulama üzerinde gerçekleştirilmiştir. İşletim sistemlerinin uzman ve kullanıcı bilgisine göre değerlendirilip uygun olanının seçilmesi için bir durum çalışması yapılmıştır. Bir uzmana (A, B, C) işletim sistemlerini bulanık bir ortamda değerlendirmesi yaptırılmıştır. İşletim sistemlerini değerlendirmek için ana kriterler C_1 - C_7 ve onların alt kriterleri Şekil 5.1’de verilmiştir.

Geliştirilen web tabanlı karar destek sistemine kimlik denetimi yapılarak giriş yapılmaktadır ve giriş ekranı Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



Web Based DSS

Please login

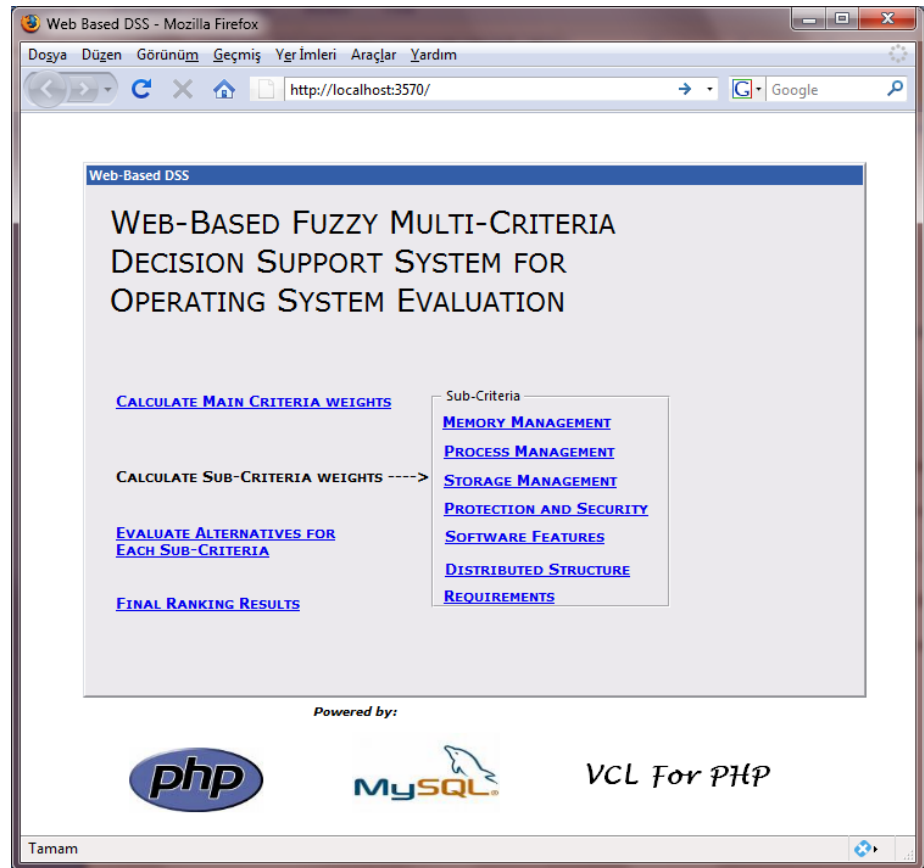
User name

Password

Sign in

Şekil 5.6 Giriş Ekranı

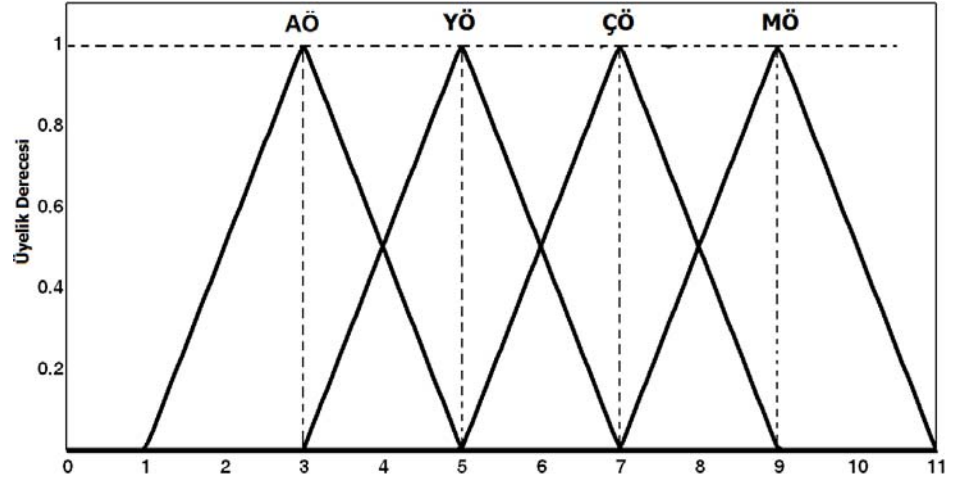
Giriş yapıldıktan sonra sistemin ana menüsü ve yapılabilecek işlemler Şekil 5.7'deki gibi ekrana gelmektedir:



Şekil 5.7 Web-tabanlı karar destek sistemi menüsü

Birinci adım kriter ağırlıklarının hesaplanmasıdır. Bu yüzden BAHS mertebeye analizi, üçgensel bulanık sayılar ve ikili karşılaştırmalar için mertebeye değerleri ile

birlikte kullanılmıştır. İkili karşılaştırma matrisi oluşturmak için, Şekil 5.8'deki bulanık dilsel ölçeklendirme geliştirilmiştir. Dilsel ölçeklendirme değerleri ve buna karşılık gelen bulanık üçgensel sayılar ise Tablo 5.1'den görülebilir.

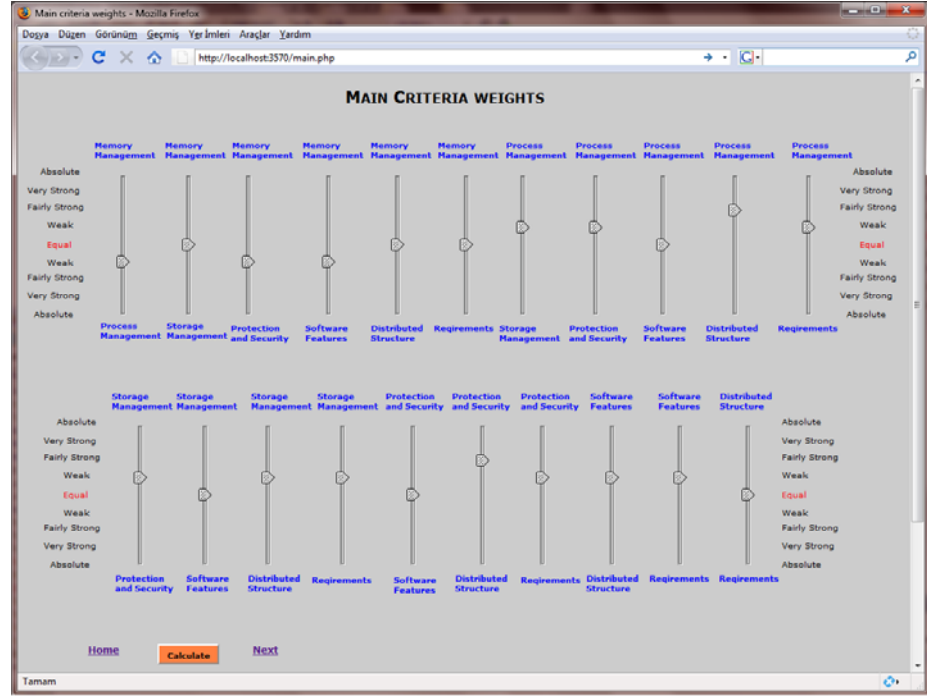


Şekil 5.8 Üçgensel bulanık dilsel ölçeklendirme

Tablo 5.1 Dilsel ölçeklendirme değerleri

Dilsel Ölçek	Açıklama	Üçgen	Ters Üçgen	Ters Dilsel Ölçek
Eşit önemli (EÖ)	Her iki alternatif amaç için eşit önceliğe sahiptir.	(1,1,1)	(1,1,1)	TEÖ
Az Önemli (AÖ)	Bir alternatif diğerine göre biraz daha iyidir.	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	TAÖ
Yeterince önemli (YÖ)	Bir alternatif diğerine göre yeterince daha iyidir.	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)	TYÖ
Çok önemli (ÇÖ)	Bir alternatif diğerine göre çok iyidir.	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	TÇÖ
Mutlak önemli (MÖ)	Bir alternatif diğerine göre en yüksek derecede iyidir.	(7,9,11)	(1/11,1/9,1/7)	TÇÖ

Uzmanın ana kriterler için olan dilsel öncelik değerleri Şekil 5.9'da verilmiştir. Kriterler arasındaki dilsel değerler track barlar kullanılarak belirlenmektedir.



Şekil 5.9 Uzmanın ana kriterler için dilsel karşılaştırma değerleri

Uzmanın ana kriterler için olan öncelik değerlerine göre dilsel değerler Tablo 5.2’de verilmiştir ve bu değerlere karşılık gelen üçgensel bulanık sayılar Tablo 5.1’deki dilsel ölçeklendirme değerleri kullanılarak Tablo 5.3’deki gibi bulunmuştur.

Tablo 5.2 Dilsel değerlerle oluşturulan bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
C ₁	EÖ	TAÖ	EÖ	TAÖ	TAÖ	EÖ	EÖ
C ₂	AÖ	EÖ	AÖ	AÖ	EÖ	YÖ	AÖ
C ₃	TEÖ	TAÖ	EÖ	AÖ	EÖ	AÖ	AÖ
C ₄	AÖ	TAÖ	TAÖ	EÖ	EÖ	YÖ	AÖ
C ₅	AÖ	TEÖ	TEÖ	TEÖ	EÖ	AÖ	AÖ
C ₆	TEÖ	TYÖ	TAÖ	TYÖ	TAÖ	EÖ	EÖ
C ₇	TEÖ	TAÖ	TAÖ	TAÖ	TAÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.3 Bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
C ₁	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
C ₂	(1,3,5)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,1,1)	(3,5,7)	(1,3,5)
C ₃	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,3,5)
C ₄	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3,5,7)	(1,3,5)
C ₅	(1,3,5)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,3,5)
C ₆	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
C ₇	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)

Bulanık ikili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra, tüm kriter ve alt kriterlere ait ağırlık BAHS algoritmasına göre hesaplanmıştır. BAHS'ye göre ilk önce mertbe değerleri hesaplanmaktadır. Tablo 5.3 baz alınarak ana kriterlere ilişkin mertbe değerleri Eşitlik 3.8'e göre aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$S_{C1} = (4.60, 5, 7) \otimes (1/107.66, 1/71.40, 1/41.68) = (0.042, 0.070, 0.168)$$

$$S_{C2} = (9, 19, 29) \otimes (1/107.66, 1/71.40, 1/41.68) = (0.083, 0.266, 0.695)$$

$$S_{C3} = (6.20, 12.33, 19) \otimes (1/107.66, 1/71.40, 1/41.68) = (0.057, 0.172, 0.455)$$

$$S_{C4} = (7.40, 13.66, 21) \otimes (1/107.66, 1/71.40, 1/41.68) = (0.068, 0.191, 0.503)$$

$$S_{C5} = (7, 13, 19) \otimes (1/107.66, 1/71.40, 1/41.68) = (0.065, 0.182, 0.455)$$

$$S_{C6} = (3.68, 4.06, 5.66) \otimes (1/107.66, 1/71.40, 1/41.68) = (0.034, 0.057, 0.136)$$

$$S_{C7} = (3.80, 4.33, 7) \otimes (1/107.66, 1/71.40, 1/41.68) = (0.035, 0.060, 0.168)$$

Daha sonra bulunan bu değerler eşitlik 3.14 kullanılarak karşılaştırılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

$$V(S_{C1} \geq S_{C2}) = 0.30, V(S_{C1} \geq S_{C3}) = 0.52, V(S_{C1} \geq S_{C4}) = 0.45, V(S_{C1} \geq S_{C5}) = 0.48,$$

$$V(S_{C1} \geq S_{C6}) = 1, V(S_{C1} \geq S_{C7}) = 1, V(S_{C2} \geq S_{C1}) = 1, V(S_{C2} \geq S_{C3}) = 1,$$

$$V(S_{C2} \geq S_{C4}) = 1, V(S_{C2} \geq S_{C5}) = 1, V(S_{C2} \geq S_{C6}) = 1, V(S_{C2} \geq S_{C7}) = 1,$$

$$V(S_{C3} \geq S_{C1}) = 1, V(S_{C3} \geq S_{C2}) = 0.79, V(S_{C3} \geq S_{C4}) = 0.95, V(S_{C3} \geq S_{C5}) = 0.98,$$

$$V(S_{C3} \geq S_{C6}) = 1, V(S_{C3} \geq S_{C7}) = 1, V(S_{C4} \geq S_{C1}) = 1, V(S_{C4} \geq S_{C2}) = 0.84,$$

$$V(S_{C4} \geq S_{C3}) = 1, V(S_{C4} \geq S_{C5}) = 1, V(S_{C4} \geq S_{C6}) = 1, V(S_{C4} \geq S_{C7}) = 1,$$

$$V(S_{C5} \geq S_{C1}) = 1, V(S_{C5} \geq S_{C2}) = 0.81, V(S_{C5} \geq S_{C3}) = 1, V(S_{C5} \geq S_{C4}) = 0.98,$$

$$V(S_{C5} \geq S_{C6}) = 1, V(S_{C5} \geq S_{C7}) = 1, V(S_{C6} \geq S_{C1}) = 0.90, V(S_{C6} \geq S_{C2}) = 0.28,$$

$$V(S_{C_6} \geq S_{C_3}) = 0.49, V(S_{C_6} \geq S_{C_4}) = 0.42, V(S_{C_6} \geq S_{C_5}) = 0.45, V(S_{C_6} \geq S_{C_7}) = 0.97,$$

$$V(S_{C_7} \geq S_{C_1}) = 0.93, V(S_{C_7} \geq S_{C_2}) = 0.29, V(S_{C_7} \geq S_{C_3}) = 0.50, V(S_{C_7} \geq S_{C_4}) = 0.43,$$

$$V(S_{C_7} \geq S_{C_5}) = 0.46, V(S_{C_7} \geq S_{C_6}) = 1$$

Sonra öncelik ağırlıkları eşitlik 3.15 ile aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$d'(C_1) = \min (0.30, 0.52, 0.45, 0.48, 1, 1) = 0.30$$

$$d'(C_2) = \min (1, 1, 1, 1, 1, 1) = 1$$

$$d'(C_3) = \min (1, 0.80, 0.95, 0.97, 1, 1) = 0.80$$

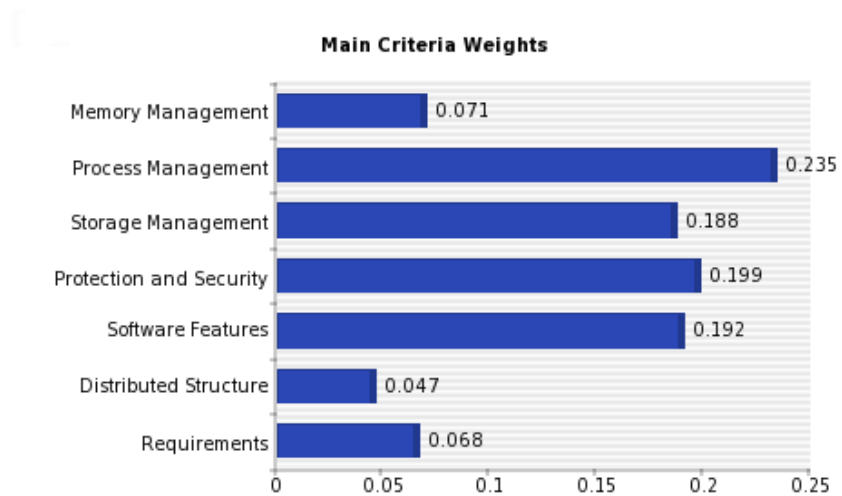
$$d'(C_4) = \min (1, 0.85, 1, 1, 1, 1) = 0.85$$

$$d'(C_5) = \min (1, 0.81, 1, 0.97, 1, 1, 1) = 0.81$$

$$d'(C_6) = \min (0.87, 0.20, 0.40, 0.33, 0.36, 1, 0.96) = 0.20$$

$$d'(C_7) = \min (0.93, 0.29, 0.49, 0.43, 0.46, 1, 1) = 0.29$$

Öncelik ağırlıkları $W' = (0.30, 1, 0.80, 0.85, 0.81, 0.20, 0.29)$ vektörüdür. Bu değerlerin normalize edilmesi ile ana kriterler için öncelik ağırlıkları web tabanlı karar destek sistemi tarafından oluşturulan Şekil 5.10'daki gibi elde edilmiştir:



Şekil 5.10 Ana kriter ağırlıkları

Tablo 5.4 Bellek yönetimi alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	C ₁₁	C ₁₂
C ₁₁	EÖ	AÖ
C ₁₂	TAÖ	EÖ

Tablo 5.5 Süreç yönetimi alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₂₁	EÖ	EÖ	TAÖ	EÖ	EÖ
C ₂₂	TEÖ	EÖ	EÖ	AÖ	TAÖ
C ₂₃	AÖ	TEÖ	EÖ	AÖ	EÖ
C ₂₄	TEÖ	TAÖ	TAÖ	EÖ	TAÖ
C ₂₅	TEÖ	AÖ	TEÖ	AÖ	EÖ

Tablo 5.6 Depolama yönetimi alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄
C ₃₁	EÖ	AÖ	AÖ	TAÖ
C ₃₂	TAÖ	EÖ	TAÖ	TYÖ
C ₃₃	TAÖ	AÖ	EÖ	TAÖ
C ₃₄	AÖ	YÖ	YÖ	EÖ

Tablo 5.7 Koruma ve güvenlik alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	C ₄₁	C ₄₂
C ₄₁	EÖ	EÖ
C ₄₂	TEÖ	EÖ

Tablo 5.8 Yazılım özellikleri alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃	C ₅₄
C ₅₁	EÖ	TAÖ	TYÖ	TAÖ
C ₅₂	AÖ	EÖ	TAÖ	AÖ
C ₅₃	YÖ	AÖ	EÖ	AÖ
C ₅₄	AÖ	TAÖ	TAÖ	EÖ

Tablo 5.9 Dağıtık yapı alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	C ₆₁	C ₆₂	C ₆₃
C ₆₁	EÖ	AÖ	TAÖ
C ₆₂	TAÖ	EÖ	TYÖ
C ₆₃	AÖ	YÖ	EÖ

Tablo 5.10 Gereksinimler alt kriterleri için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

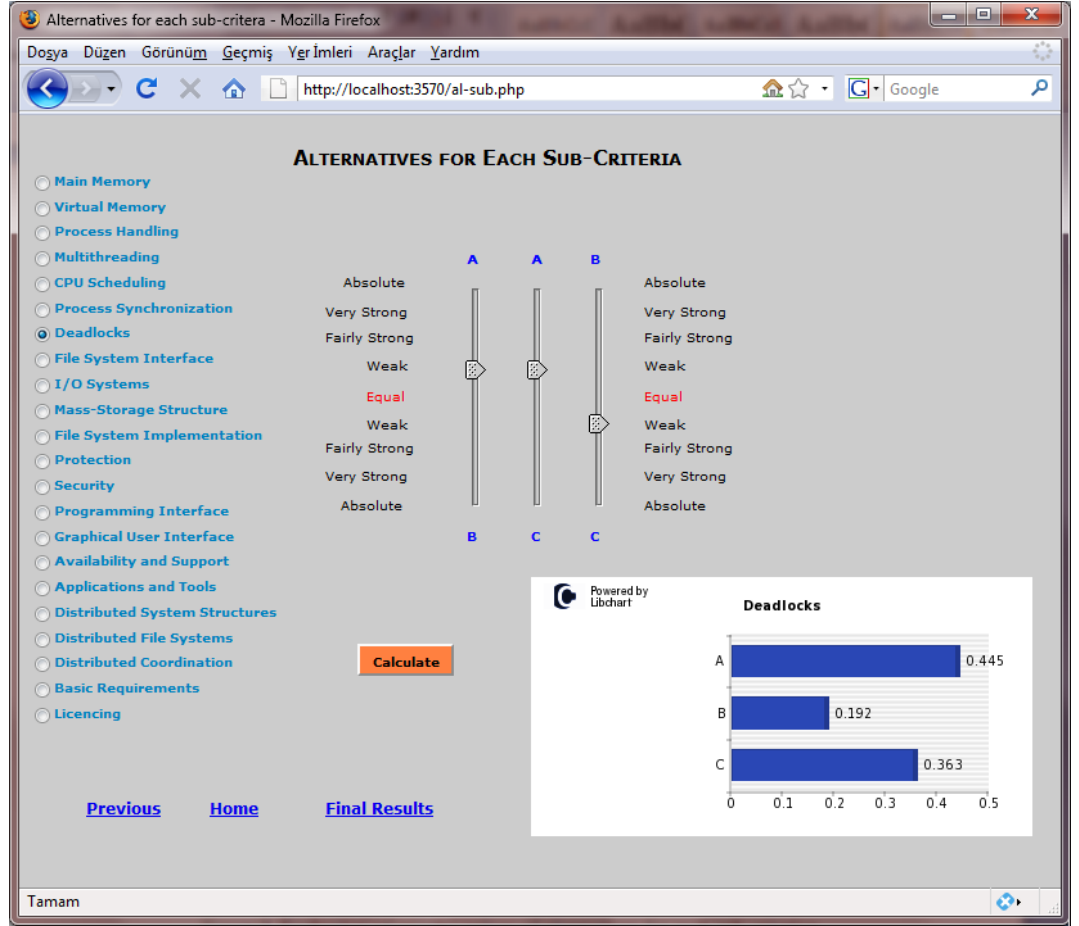
Alt kriter	C ₇₁	C ₇₂
C ₇₁	EÖ	TAÖ
C ₇₂	AÖ	EÖ

Karar verici tarafından tüm alt kriterler için dilsel değerlerle oluşturulan bulanık ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 5.4-5.10 tablolarında verilmiştir. Ana kriterler için öncelik ağırlıklarının hesaplanmasında olduğu gibi alt kriter ağırlıkları da buna benzer şekilde bulunmuş ve Tablo 5.11’de verilmiştir.

Tablo 5.11 Alt kriter ağırlıkları

Alt kriter	Ağırlık	Alt kriter	Ağırlık
C ₁₁	0.700	C ₄₁	0.500
C ₁₂	0.300	C ₄₂	0.500
C ₂₁	0.127	C ₅₁	0.082
C ₂₂	0.216	C ₅₂	0.306
C ₂₃	0.273	C ₅₃	0.378
C ₂₄	0.110	C ₅₄	0.234
C ₂₅	0.274	C ₆₁	0.375
C ₃₁	0.306	C ₆₂	0.051
C ₃₂	0.082	C ₆₃	0.573
C ₃₃	0.234	C ₇₁	0.300
C ₃₄	0.378	C ₇₂	0.700

Uzman tarafından işletim sistemlerin her bir kritere göre öncelik değerleri Şekil 5.11’deki gibi bir ara yüzle belirlenmektedir. Uzman kişinin her bir alt kriter için alternatiflere yönelik yaptığı değerlendirmeler ve buna ilişkin bulanık ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 5.12-5.33’te verilmiştir.



Şekil 5.11 Her bir alt kriter için alternatiflerin değerlendirilmesi

Tablo 5.12 Ana bellek için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	TAÖ
B	AÖ	EÖ	EÖ
C	AÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.13 Sanal bellek için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	EÖ
B	AÖ	EÖ	AÖ
C	TEÖ	TAÖ	EÖ

Tablo 5.14 Süreç işleme için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	EÖ	EÖ
B	TEÖ	EÖ	TAÖ
C	TEÖ	AÖ	EÖ

Tablo 5.15 Çoklu-iş-parçacığı için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	AÖ	AÖ
B	TAÖ	EÖ	EÖ
C	TAÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.16 CPU zamanlaması için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	EÖ	AÖ
B	TEÖ	EÖ	EÖ
C	TAÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.17 Süreç senkronizasyonu için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	AÖ	AÖ
B	TAÖ	EÖ	EÖ
C	TAÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.18 Kilitlenme için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	AÖ	AÖ
B	TAÖ	EÖ	TAÖ
C	TAÖ	AÖ	EÖ

Tablo 5.19 Dosya sistemi arayüzü için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	TAÖ
B	AÖ	EÖ	EÖ
C	AÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.20 Giriş/Çıkış sistemi için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	AÖ	AÖ
B	TAÖ	EÖ	EÖ
C	TAÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.21 Yığın bellek yapısı için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	TAÖ
B	AÖ	EÖ	EÖ
C	AÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.22 Dosya sistemi gerçekleştirimi için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	AÖ	EÖ
B	TAÖ	EÖ	EÖ
C	TEÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.23 Koruma için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TYÖ	TAÖ
B	YÖ	EÖ	AÖ
C	AÖ	TAÖ	EÖ

Tablo 5.24 Güvenlik için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	TAÖ
B	AÖ	EÖ	EÖ
C	AÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.25 Programlama arayüzü için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	AÖ	YÖ
B	TAÖ	EÖ	AÖ
C	TYÖ	TAÖ	EÖ

Tablo 5.26 Grafiksel kullanıcı arayüzü için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	AÖ	TAÖ
B	TAÖ	EÖ	TAÖ
C	AÖ	AÖ	EÖ

Tablo 5.27 Kullanılabilirlik ve destek için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	TYÖ
B	AÖ	EÖ	TAÖ
C	YÖ	AÖ	EÖ

Tablo 5.28 Uygulamalar ve araçlar için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	EÖ	AÖ
B	TEÖ	EÖ	AÖ
C	TAÖ	TAÖ	EÖ

Tablo 5.29 Dağıtık sistem yapısı için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TYÖ	AÖ
B	YÖ	EÖ	AÖ
C	TAÖ	TAÖ	EÖ

Tablo 5.30 Dağıtık dosya sistemi için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TYÖ	TAÖ
B	YÖ	EÖ	AÖ
C	AÖ	TAÖ	EÖ

Tablo 5.31 Dağıtık koordinasyon için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	EÖ
B	AÖ	EÖ	EÖ
C	TEÖ	TEÖ	EÖ

Tablo 5.32 Temel gereksinimler için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	AÖ
B	AÖ	EÖ	YÖ
C	TAÖ	TYÖ	EÖ

Tablo 5.33 Lisanslama için bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Alt kriter	A	B	C
A	EÖ	TAÖ	AÖ
B	AÖ	EÖ	YÖ
C	TAÖ	TYÖ	EÖ

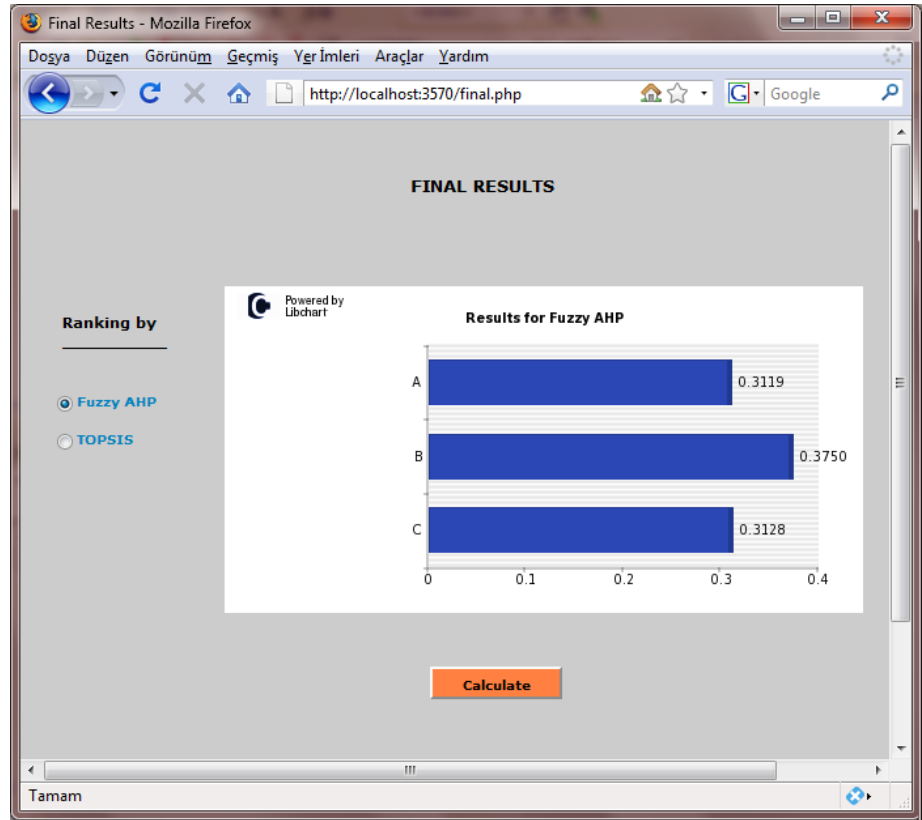
İşletim sistemlerinin her bir alt kritere göre hesaplanmış öncelik değerleri Tablo 5.34'te verilmiştir. Bu değerler işletim sistemlerinin sıralanması için kullanılacaktır.

Tablo 5.34 Alt kriterlere göre öncelik değerleri

Alt kriter	A	B	C
c ₁₁	0.211	0.579	0.211
c ₁₂	0.211	0.579	0.211
c ₂₁	0.234	0.196	0.570
c ₂₂	0.579	0.211	0.211
c ₂₃	0.570	0.234	0.196
c ₂₄	0.579	0.211	0.211
c ₂₅	0.445	0.192	0.363
c ₃₁	0.182	0.409	0.409
c ₃₂	0.579	0.211	0.211
c ₃₃	0.182	0.409	0.409
c ₃₄	0.570	0.196	0.234
c ₄₁	0.051	0.573	0.375
c ₄₂	0.182	0.409	0.409
c ₅₁	0.573	0.375	0.051
c ₅₂	0.363	0.192	0.445
c ₅₃	0.051	0.375	0.573
c ₅₄	0.409	0.409	0.182
c ₆₁	0.338	0.549	0.113
c ₆₂	0.051	0.573	0.375
c ₆₃	0.196	0.570	0.234
c ₇₁	0.375	0.573	0.051
c ₇₂	0.375	0.573	0.051

5.1.4 Sıralama işlemi ve sonuçların karşılaştırılması

Alternatiflerin sıralanması BAHS ve TOPSIS yöntemlerine göre ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. BAHS için sıralama Tablo 5.34'teki değerlerin kriter ağırlıkları ile çarpılması ile elde edilmiştir. BAHS yöntemine göre bulunan sıralama Şekil 5.12'deki gibidir. Burada öncelik sırası görülmekte ve işletim sistemi B uzman tercihlerine göre en iyi alternatiftir. Genel sıralama şu şekildedir: $B > C > A$.



Şekil 5.12 Alternatiflerin BAHS yöntemine göre sıralanması

TOPSIS yönteminde ise, Tablo 5.34'teki değerler eşitlik 2.7'ye göre normalize edilmiş ve sonra her bir değeri ağırlıklar ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris bulunmuştur. Her bir alt kriter için ağırlıklı değerler birleştirilmiş ve bu değerler ana kriter ağırlıkları ile çarpılarak Tablo 5.35'deki toplam ağırlıklı değerler bulunmuştur.

Tablo 5.35 Toplam ağırlıklı değerler

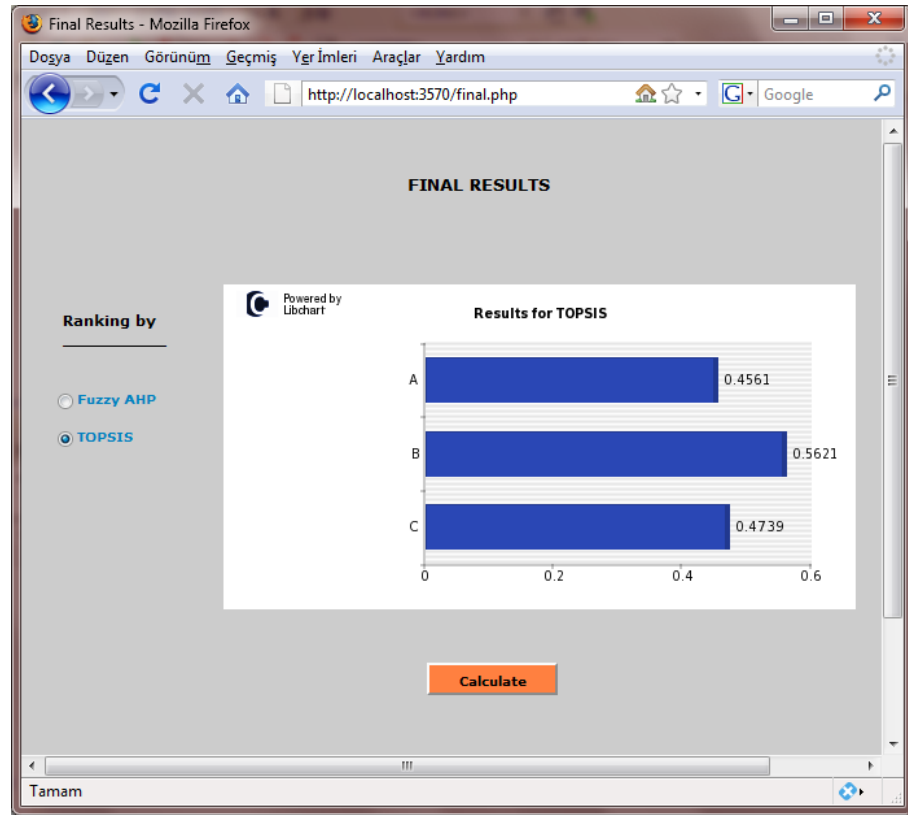
Alternatif	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
A	0.005	0.038	0.022	0.007	0.017	0.004	0.008
B	0.013	0.016	0.019	0.032	0.020	0.008	0.013
C	0.005	0.023	0.020	0.025	0.025	0.003	0.001

Pozitif ve negatif ideal çözümler her bir kriter için maksimum ve minimum değerler üzerinden hesaplanmıştır:

$$A^* = \{0.013, 0.038, 0.022, 0.032, 0.025, 0.008, 0.013\}$$

$$A^- = \{0.005, 0.016, 0.019, 0.007, 0.017, 0.003, 0.001\}$$

Her bir alternatif için kriterlere göre pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar Eşitlik 2.11 ve 2.12 yardımıyla bulunmuştur. Daha sonra yakınlık katsayıları eşitlik 2.13 kullanılarak belirlenmiştir. Ve buna göre belirlenen sıralama Şekil 5.13'teki gibidir:



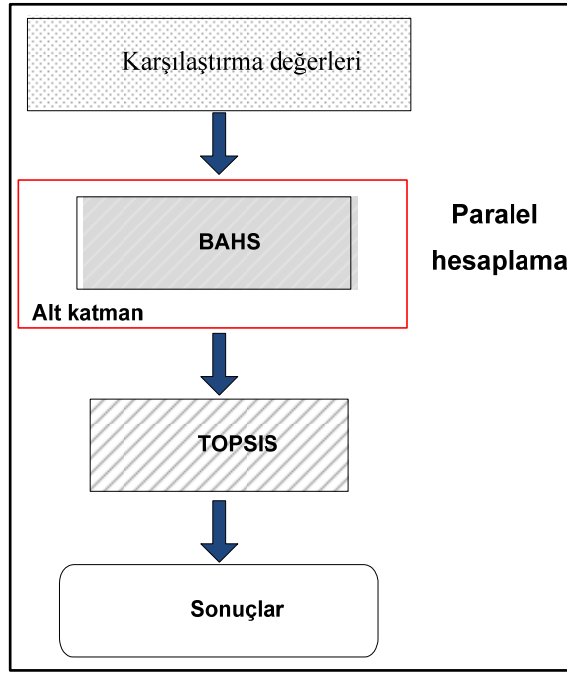
Şekil 5.13 Alternatiflerin TOPSIS yöntemine göre sıralanması

Şekil 5.13'te sıralama gözükmemekte ve uzman tercihlerine göre en iyi alternatif B'dir. Genel sıralama $B > C > A$ şeklindedir. Her iki yönteme göre de farklı uzman bilgileri ile farklı sonuçlar elde edilebilir.

BAHS ve TOPSIS yöntemlerinin bulduğu sıralama aynıdır. Fakat BAHS yönteminde A ve C ikinci sıra için yarışmakta ve değerler birbirine oldukça yakındır. C çok az bir farkla ikinci sırayı almıştır. TOPSIS sıralaması ise BAHS yöntemine göre daha açık ve nettir. A ve C alternatifleri arasındaki fark kesin bellidir. Çünkü TOPSIS alternatifleri onların pozitif ve negatif ideal çözüme göreceli olan uzaklıklarını ölçerek sıralar ve her bir alternatif için anlamlı bir performans ölçüm değeri kullanır. Ayrıca TOPSIS, karar probleminde herhangi bir optimal olmayan alternatif olduğu durumda bundan etkilenmez ve alternatiflerin sıralanması için oldukça uygundur.

5.1.5 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Paralleleştirilmesi

Ballı and Korukoğlu (2009) çalışmamızda ele alınan işletim sistemi seçimi problemi için geliştirilen algoritmaya ek olarak BAHS hesaplamaları için paralel hesaplama yöntemi geliştirilerek sistemin daha hızlı çalışması sağlanmış, verim ve başarımları artırılmıştır. Geliştirilen yöntemin karar algoritması Şekil 5.14'te olduğu gibidir. Seri algoritmada BAHS için karşılaştırma değerleri yapıldıktan sonra, 30 ayrı karar matrisi için değerler BAHS adımıyla tek tek hesaplanarak TOPSIS adımıyla aktarılmaktadır. Burada 30 matrisin BAHS bölümünde seri olarak hesaplanması yerine işlemleri daha kısa zamanda yapabilmek için paralel hesaplama tekniği kullanılarak çözülmesi önerilmiştir. Matris sayısı değerlendirilecek alternatiflerin sayısına orantılı olarak artmaktadır. Deneysel çalışmamızda üç alternatif ele alınmıştır. Çok sayıda alternatifin olduğu durumlarda paralel hesaplama kullanılması daha fazla önem kazanmaktadır. Geliştirilen seri algoritmanın BAHS bölümüne ek olarak paralel hesaplamanın bir alt katman biçiminde eklenmesi sayesinde, yoğun hesaplama gerektiren matris hesaplamaları paralelleştirilmiştir. Bu yolla süreçler kendilerine ait veri kısmını yöneterek bunlardan üretilen kendilerine ait sonuçları elde edebilmişlerdir. Bu bölümden sonra, bu sonuçlar bir araya getirilerek sonraki seri çalışan TOPSIS adımıyla girdi olarak verilmektedirler. Bu işlem tamamen daha üst katmanlardan bağımsız olarak, geliştirilen paralel hesaplama altyapısı tarafından yapılmaktadır.



Şekil 5.14 Karar algoritması

Dağıtık ve dinamik bellekli ve bir çok işlemciye (süreçe) destek verebilecek bir algoritmanın geliştirilmesi, verimi ve başarımı artıracaktır. Seri algoritmanın geliştirilmesinden sonra, böyle bir sistemin programlanmasında mesaj geçme arayüzü (Message Passing Interface - MPI) ile yapısal ANSI C dilinin (GNU C, 2009) olanaklarının kullanılması tercih edilmiştir. Program geliştirilmesinde MPI paralel kütüphanesi olan MPI'nin geniş çapta taşınabilirlik ve yüksek başarıma sahip bir gerçekleştirimi olan MPICH2 (MPI Chameleon v2) (MPICH2, 2009) kullanımı tercih edilmiştir. MPICH2 hem MPI-1, hem de MPI-2 ye ait özellikleri içerir. MPICH2'nin amaçları arasında bilgisayar kümelerini (masaüstü sistemler, paylaşımlı-bellekli sistemler, çok çekirdekli mimariler) de içeren birçok farklı hesaplama ve iletişim platformunun etkin bir şekilde desteklenmesi, genişletilmeye-uygun bir çatı oluşturulması gelmektedir. MPICH2 tamamen ücretsiz olarak dağıtılır. MPI standardı paralel uygulamalar için endüstride standart haline gelmiştir.

Mesaj-Geçme programlama paradigması, en eski ve en geniş paralel bilgisayar programlama yaklaşımıdır. Paralel hesaplamada işlemciler için verinin çeşidine göre bölümlenme ve haritalama yapılmaktadır (Karasulu vd. 2008). Bölümlenme, işlemcilere (süreçlere) dağıtılmak üzere veri yapılarını kişisel modüllere bölerek oluşturulan bir yol iken; haritalama, bu modüllerin veya ilgili fonksiyonların ilgili işlemcilere (süreçlere) ilgili modül gelecek şekilde atanmasıdır (Grama et al., 2003). Çalışmamızda kullanılan paralel hesaplama

teknîği, ilgili verilerin (matrislerin) birçok süreç makinesi (hesaplama kümesine dahil edilmiş işlemciler/süreçler) arasında eşit miktarlarda bölüştürülmesi ile paylaşılması ilkesine dayanmaktadır. Bu mantıkla veri bazlı bölümlenme yapılmıştır.

Yazılımın geliştirilmesinden sonra yazılımın yeterince güçlü bir sistemde denenmesi aşamasına gelinmiştir. Bu aşamada 2 GB bellekli Intel® Core 2 Duo isimli iki çekirdekli işlemci'den oluşan (her biri 2.40 GHz) sekiz adet homojen donanım özelliklerine ve Windows XP 32 bit işletim sistemine sahip, birbirlerine 100 Mbps hızındaki ethernet ile ağ'a bağlı bilgisayarlar test işlemleri için seçilmiştir.

Yazılımın bu bilgisayarlardan biri üzerinde önce seri olarak, sonrasında çeşitli bilgisayar (işlemci) sayıları baz alınarak paralel çalıştırılması sağlanmış ve böylece deney sonuçları elde edilmiştir. Sırasıyla 1, 2, 3, 4, 6, 8 işlemci sayısı denenmiş ve başarımlar optimizasyonu dikkate alınarak yazılımda buna uygun değişiklikler de yapılmıştır. Geliştirilen yöntemde seri ve paralel çalışacak şekilde harmanlanmış algoritmaya ait algoritmik akış aşağıdaki gibidir:

1. Başla,
2. Karşılaştırma değerlerini dosyadan oku,
3. İlgili dizi ve değişkenleri tanımla,
4. Gerekli dizi elemanları ve/veya değişkenlerin değerlerini sıfırla,
5. **MPI'ı başlat,**
6. İşlemci sayısı ve kimliklerini tespit et,
7. Hesaplama geçen sürenin tespiti için saat tutmaya başla,
8. Kaç adet işlemci ile çalışılacağını ilgili parametreye göre belirle
9. Giriş değerleri üzerinde BAHS yöntemini gerçekleştir,
10. Elde edilen yerel sonuçları işlemci sırası (rank) sıfır olan (yani rank numarası sıfır olan işlemci veya yönetici işlemci olarak adlandırılan süreç düğümü) üzerinde topla,
11. Her bir adımda elde edilmiş olan BAHS sonuçlarını ilgili dosyaya yazdır,
12. Saat tutmayı bitir,
13. **MPI'ı bitir,**
14. BAHS'den gelen değerleri üzerinde TOPSIS yöntemini uygula,
15. TOPSIS ile elde edilen sıralama sonuçlarını dosyaya yazdır,
16. Dur.

Algoritma seri olarak başlamakta, daha sonra BAHS yöntemi paralel çalıştırılıp sonuçlar TOPSIS yöntemi ile birleştirilmektedir. Hesaplanan süreler tüm

algoritma için değil paralel çalıştırılan BAHS yöntemi içindir. Yukarıdaki algoritmadaki sekizinci adımda belirtilen parametreye göre hesaplanması istenilen matrisler ilgili işlemci sayısına bölünerek işlemciler arasında dağıtılmak suretiyle (işlemci haritalama) hesaplatılmaktadırlar. Örneğin 6 işlemcili durumda BAHS bölümündeki 30 adet matris her biri beşerlik gruplar halinde işlemcilere dağıtılmıştır. Matrisler 3x9 boyutlarındadır. Toplam 270 bulanık değer kullanılmıştır. Her bir bulanık değer 3 sayısal değerle ifade edildiği için toplamda 810 adet sayısal değer vardır.

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen hızlanma oranları (başarım) ve verim yüzdelikleri aşağıdaki tablo ve grafiklerde verilmektedir. Gene Amdahl (1967) tarafından ortaya konulan ve Amdahl Kanunu olarak da anılan genel bir model paralel işlemdeki hızlanma oranı için uygulanmıştır (El-Rewini and Abd-El-Barr, 2005). Hızlanma deyiimi (S_p) için Amdahl Kanunu formülü,

$$S_p(n_p) = \frac{T(1)}{T(n_p)} \quad (5.1)$$

şeklindedir. Burada n_p , işlemci sayısıdır, $T(1)$, tek işlemci çalıştırıldığında geçen süre, $T(n_p)$ ise n_p adet işlemci çalıştırıldığında geçen süredir. Verim için kullanılan formül ise,

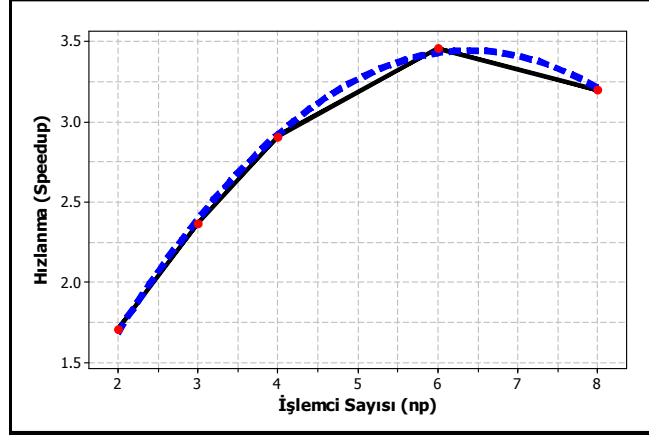
$$\varepsilon(n_p) = \frac{S_p(n_p)}{n_p} \quad (5.2)$$

şeklindedir. Ölçümler BAHS yöntemi için programın önce seri sonra da paralel çalıştırılması yoluyla elde edilmiştir.

Tablo 5.36 Homojen bilgisayarlar için süre, hızlanma ve verim değerleri

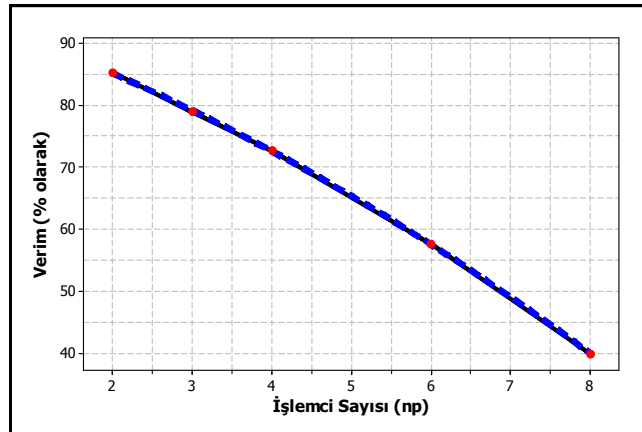
İşlemci sayısı (np)	Geçen süre (saniye)	Hız oranları	Verim (% olarak)
1	128 x10 ⁻⁶	1	100
2	75 x10 ⁻⁶	1.70667	85.3333
3	54 x10 ⁻⁶	2.37037	79.0123
4	44 x10 ⁻⁶	2.90909	72.7273
6	37 x10 ⁻⁶	3.45946	57.6577
8	40 x10 ⁻⁶	3.20000	40.0000

Homojen tek ve çok işlemcili program için seri hesap $n_p=1$ iken ve paralel hesapta $n_p=2$, $n_p=3$, $n_p=4$, $n_p=6$ veya $n_p=8$ iken yapılan denemelere ait geçen süreler, bu sürelerle ait hızlanma değerleri ve bu hızlanma değerlerine ait verim değerleri Tablo 5.36’da gösterilmektedir.



Şekil 5.15 Hızlanma grafiği

Hızlanma için bulunan regresyon fonksiyonu $Hızlanma = -0,03177 + 1,059 n_p - 0,08142 n_p^2$ şeklindedir. $s=0,0663220$ ve $R^2 = 99,7\%$ olarak bulunmuştur. Burada s , regresyon standart hatasını göstermektedir. R^2 ise $[0,100]$ aralığında değer alır ve regresyon eğrisinin gerçek veriye ne kadar yaklaştığını göstermektedir. Bu değer 100'e yakın olması beklenir. Şekil 5.15'deki düz çizgi ile gösterilen eğri gerçek hızlanma değerlerini, kesikli çizgilerle gösterilen eğri ise 'karesel eğri uydurma' ile elde edilen hızlanma grafiğini gösterir. Homojen 8 işlemci ile çalıştırılan paralel programın, hızlanma grafiğinde tepe performansına ($S_p=3.45$) yani doyum noktasına, aynı anda çalışan 6 işlemcinin bulunduğu bir deney çalıştırması sırasında ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5.16 Verim grafiği

Verim için bulunan regresyon fonksiyonu $Verim = 104,7 - 8,070 np$ şeklindedir. $s=2,54739$ ve $R^2 = 98,8\%$ olarak bulunmuştur. Şekil 5.16'dan görüleceği gibi, çalışmada 8 işlemcili benzetimdeki tepe başarımları (verim) değeri %85.33'dür. Bu verim değerine ancak 2 işlemcili deneyde ulaşılması ve daha sonraki işlemci sayılarında verimin düşmesinin başlıca nedeni, problemin kendi doğası gereği işlem yapan fonksiyonların karmaşıklığı ile doğru orantılıdır. Verimin en optimal değeri yine en yüksek hızlanmanın da elde edildiği 6 işlemcili deney sırasında elde edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, sistemin başarımlarının işlemci sayısı artırıldıkça arttığı fakat bir noktadan sonra işlemci artımının başarımları etkilemediği (Amdahl Kanunu'nun doğal bir sonucu olarak) görülmüştür. Bu durum belirli bir işlemci sayısında doyum noktasına ulaşıldığını göstermektedir. Buna ait grafiklerden görülebileceği gibi, tepe başarımlarına erişildiği noktada en verimli hesaplamanın da geliştirilen algoritma tarafından gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir.

5.1.6 İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi Probleminin Sonuçları

Ele alınan ilk problemde bulanık ortamda işletim sistemlerinin teknik özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmesi ve seçilmesi üzerinde durulmuştur. Uygun işletim sistemi seçimi ile organizasyonlar, globalleşen ve yarışmacı bir dünyada maliyetlerin düşürülmesi ve zaman verimliliği, kalite ve çalışma performansının yükseltilmesi gibi pozitif sonuçlar elde edebilirler. Geliştirilen model BAHS ve TOPSIS yöntemlerini web tabanlı karar destek sisteminde kullanmaktadır. BAHS ana ve alt kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve her bir işletim sisteminin dilsel değerlerle kullanıcı tarafından değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Değerlendirme süreci kesin olmayan bilgiler ve sübjektif yargılar içermektedir. Bundan dolayı BAHS bulanık dilsel değerler kullanarak gerçekçi bir değerlendirme sağlamıştır. Son olarak genel sıralama hem BAHS hem de TOPSIS yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. TOPSIS ile elde edilen sıralama BAHS ile elde edilenden daha açık ve kesindir. Buradan TOPSIS'in alternatifleri sıralamada daha uygun olduğu görülmüştür.

Daha sonra ek olarak sistemde yer alan çok sayıda ve yoğun hesaplama gerektiren BAHS işlemleri için paralel hesaplama yöntemi geliştirilerek sistemin daha hızlı çalışması sağlanmış, verim ve başarımları arttırılmıştır. TOPSIS,

BAHS'den gelen sonuçları birleştirdiği ve tek bir işlem yaptığı için paralelleştirmeye uygun değildir. Geliştirilen paralel hesaplama algoritması homojen yapıdaki bilgisayarlar için denenmiş ve BAHS hesaplamalarının paralelleştirme için uygun olduğu görülmüştür.

Bütün bu işlemler web tabanlı ortamda gerçekleştirilmiştir. Web tabanlı karar destek sistemi, karar vericiler için kullanımı ve erişimi kolay ve diğerlerine göre daha rahat ve konforlu bir karar verme ortamı sunmaktadır. Sistem, ayrıca kurulum gerektirmez ve online karar destek sağlamaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda web tabanlı grup karar verme ve diğer ÇKKV yöntemlerinin işletim sistemlerinin değerlendirilmesi için kullanımları araştırılabilir.

5.2 Basketbol Oyuncusu Değerlendirme ve Seçimi İçin Karar Destek Sistemi

Basketbol, oyun kuralları içerisinde topun paylaşılması ve çemberden geçirilmesi esasına dayalı olarak oynanan bir oyundur (Isaacs, 1993). Basketbol, kolektif bir spor olduğu için insanın hem psikofizik özelliklerinin, hem de moral ve eğitim özelliklerinin gelişmesine yardımcı olmaktadır. Dayanıklılık, kuvvet, sürat, beceri ve hareketlilik gibi fizik gücü özelliklerini çocukluk ve gençlik çağlarından başlayarak amaçlı çalışmalarla istenen bir biçimde geliştirir ve yetişkinlik çağında da pekiştirerek üstün bir düzeye getirir. Teknik ve taktik elementlerin oyun içerisinde ani ve değişen pozisyonlarda uygulanma zorunluluğu, koordinasyon becerisi, reaksiyon gibi özelliklerin gelişmesinde de büyük etkidir. Aynı zamanda organizmanın genel olarak kuvvetlendirilmesi, bedeni bozuklukları gidermede yarar sağlayacak ve sağlam bir organizma yaratacaktır. Teknolojik gelişme ile birlikte bu oyunda teknik-taktik ve diğer bilgiler evrensel boyutlara ulaşmıştır. (French, 1991; Sevim, 2002).

Sürekli bir takım başarısı elde edebilmek için yetenekli, dayanıklı ve güçlü oyunculara sahip olunması gerekir. Basketbolda bu tipteki oyuncuların seçilmesi bir kompleks ÇKKV problemidir (Ballı, 2005). Bu problemde nitel ve nicel özellikteki kriterler birlikte bulunur ve bir takım bilgiler örneğin “Oyuncu iyi şut atar” gibi belirsiz dilsel terimler içermektedir. Klasik ÇKKV yöntemleri bu tarz belirsiz bilgilerin olduğu durumlarda etkin karara ulaştırmazlar. Bunun için Zadeh (1965) tarafından tanımlanan bulanık küme teorisi kullanılabilir ve belirsizlik içeren kriterler bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları ile tanımlanabilir. ÇKKV

teknikleri (TOPSIS, AHS, ELECTRE, PROMETHEE vb.) de bulanık kümelerle genişletilebilir.

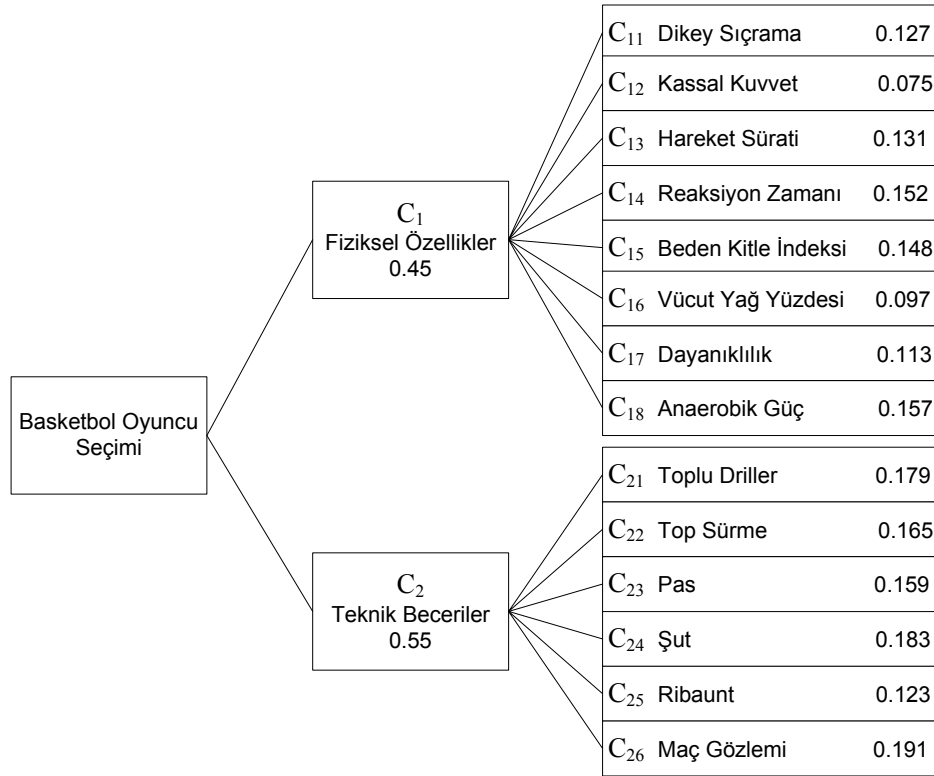
Şimdiye kadar spor bilimlerinde performans değerlendirme ve oyuncu seçimi konusunda az sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda ise yapay sinir ağları (Wilson, 1995; Maier et al. 2000; Kahn, 2003; Jürgen and Arnold, 2003; Flitman, 2006; Barlett, 2006; Iyer and Sharda, 2009), veri madenciliği teknikleri (Bhandari et al. 1997), lineer regresyon ve yapay sinir ağı modelleri (Condon et al. 1999), veri zarflama analizi (Sueyoshi et al. 1999; Cooper et al. 2009), istatistiksel analiz (Hoare, 2000; Summers et al. 2007), dinamik programlama (Fry et al. 2007), uzman ve bulanık uzman sistemler (Dežman et al. 2001; Rogulj et al. 2006; Papić et al. 2009) gibi yaklaşımlar kullanılmıştır. Bu yaklaşımların dezavantajları; uzun tepki süresi, bilgiyi güncellemenin zorluğu, eş zamanlı kullanıcılar için kullanım zorluğu ve bazı durumlarda bulunan sonucun kalitesinin düşük olmasıdır. Bu yüzden bu model ve algoritmalar çoğu zaman karar problemlerinde oldukça kötü bir yaklaşım sergilemektedirler. Önceki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada nitel ve nicel özellikler kullanılarak oyuncuların performanslarının değerlendirilmesi ve yetenekleri oyuncuların seçilmesi için bulanık kümeler, ÇKKV yöntemleri ve sinirsel-bulanık sistemler kullanılmıştır. Spor bilimlerinde oyuncu değerlendirilmesi ve seçimi problemi için ilk defa bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak bir karar destek modeli geliştirilmiştir.

Bu çalışma, aday oyuncular için basketbola en uygun olanının seçilmesi için bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaca yönelik olarak araştırma fiziksel ölçüm değerleri ve gözlemsel teknik yeteneklerin bir arada nasıl değerlendirileceği üzerine yoğunlaşmıştır. Problemi çözmek için iki farklı karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bunlardan birincisi BAHS ve TOPSIS tabanlı bir Bulanık Çok Kriterli KDS'dir. Bu karar destek sisteminde BAHS ana ve alt kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Aday oyuncuların sıralanması TOPSIS yöntemi kullanılarak bulunmuştur. İkinci modelde ise yapay sinir ağları, bulanık mantık ve bulanık çıkarım bileşimi ile melez bir eşzamanlı Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller 7-14 yaş grubu yedi aday üzerinde fiziksel uygunluk ölçüm değerleri ve teknik becerilere ait gözlem değerleri kullanılarak uygulanmıştır. Geliştirilen modellerin bulduğu sonuçlar uzman kişinin sonuçları ile karşılaştırılmış ve istatistiksel testler gerçekleştirilmiştir. Basketbol için temel özellikler ve geliştirilen modellerin mimarisi, modellerin uygulanması ve sonuçlar sonraki bölümlerde anlatılacaktır.

5.2.1 Basketbolda Oyuncuların Değerlendirilmesi ve Seçimi

İyi bir basketbol oyuncusu aşağıdaki özellik ve nitelikleri sağlamalıdır. Bunlar iki gruba ayrılır (Sevim, 2002; Ballı, 2006):

- Ölçülebilir fiziksel uygunluk özellikleri,
- Gözlem yoluyla elde edilen temel beceri ve teknikler.



Şekil 5.17 Problemin Hiyerarşisi

Uygulamada kullanılan bu özellikler basketbol uzmanları tarafından belirlenmiştir. Şekil 5.17’de tüm özellikler ve ağırlıkları hiyerarşik sırada görülmektedir. Pratik olarak bazı özellikleri testlerle yada metre ve kronometre gibi araçlarla ölçmek mümkündür. İyi bir basketbol oyuncusunun aşağıdaki ölçülebilen özelliklere uygun olması gerekir. Bunlar Şekil 5.17’de fiziksel özellikler olarak gösterilmiştir:

(1) Fiziksel özellikler (C₁)

(a) Dikey sıçrama (C₁₁): Ayaklar birleşik olarak, sıçrama aracının altında, durduğu yerden omzunu aşağı düşürmeden tek kolunu yukarıya doğru kaldırılarak olduğu yerden adım almadan dikey olarak yukarıya doğru sıçramaya dikey sıçrama denilmektedir. Amaç sıçrama kuvvetinin santimetrelerle ölçülmesidir. (Babayiğit, 2000).

(b) Kassal Kuvvet (C₁₂): Kassal kuvvet ise; bir kas veya kas grubunun mümkün olan en büyük kuvvetle ve mümkün olan en kısa sürede(sn) gerekli olan hareketi yapmasıdır. Kilogram ile ölçülür (Günay, 1996).

(c) Hareket Sürati (C₁₃): Hareket sürati, belirli bir mesafeyi mümkün olan en yüksek süratle kat etmektir. Her spor türüne göre bu mesafe değişir. Basketbolda 30 metredir. (Zorba, 1999)

(d) Reaksiyon Zamanı (C₁₄): Reaksiyon zamanı, uyarının başlama zamanı ile tepkinin başladığı zaman aralığında geçen süre olarak tanımlanabilir. (Günay, 1996).

(e) Beden Kitle İndeksi (BKİ) (C₁₅): Sporcunun olması gereken ağırlığın hesaplanmasında kullanılan en uygun yöntemlerden biri ağırlığın bulunmasında Beden Kitle İndeksi(BKİ) ve diğer standartlardır. İdeal ağırlığın bulunmasında kullanılan yöntem ağırlık ve boy uzunluğuna dayanan BKİ formülüdür. (Zorba, 1999)

$$BKİ=Ağırlık(kg)/(Boy/mt)^2 \quad (5.3)$$

(f) Vücut Yağ Yüzdesi (VYY) (C₁₆): Aynı boy ve ağırlıkta iki sporcudan birinin kas ve kemik yapısı diğerine oranla daha fazla gelişmiş olabilir. Bu durumda kas ve kemik yapısı gelişmemiş olanın vücut yağ yüzdesi fazla çıkacak ve görünüm olarak da diğerinden daha şişman olacaktır. Antropometrik ölçümlerden elde edilen veriler doğrultusunda, oyuncuların beden yağ yüzdeleri hesaplanmaktadır. (Zorba, 1999)

(g) Dayanıklılık (C₁₇): Dayanıklılık, genelde, sporcunun fiziki ve fizyolojik yorgunluğa dayanma gücü olarak tanımlanabilir (Günay, 1996).

(h) Anaerobik Güç (C_{18}): Bir sporcunun başarısında enerjiyi güce çevirebilme yeteneği çok önemli bir faktördür. Güç yapılan işin (performans) birim zaman ile ifade edilmesidir (Zorba, 1999) Anaerobik güç, aşağıdaki Lewis Formülüne göre kg-m/sn cinsinden hesaplanır:

$$\text{Anaerobik güç} = \sqrt{4.9} \times \text{Ağırlık} \times \sqrt{Q} \quad (5.4)$$

Burada, Q sıçranan mesafe(m)'yi göstermektedir.

Basketbolda gözlem, oyuncuların teknik becerileri üzerinde yapılabilir. (Kasap et al., 1999). Gözlem yaparak takımın ve oyuncuların zayıf yada güçlü taraflarını, etkili oyuncuları, maça etki edecek taktik özellikleri, teknik ve kondisyon durumlarını, mücadele azmini vb. gibi bedensel ve ruhsal özelliklerini saptamaya çalışılır. Basketbolda gözlem yoluyla değerlendirilen beceri özellikleri şunlardır (Wissel, 1994; Sevim, 2002):

(2) Teknik Beceriler (C_2)

(a) Toplu Driller (C_{21}): Basketbolda temel tekniklerle ilgili bir becerinin öğretimi aşamasında yapılan alıştırmaya yönelik tek başına ya da toplu halde yapılan hareketlerdir.

(b) Top Sürme (C_{21}): Top sürme, oyuncunun topu kontrol altına aldıktan sonra durarak veya hareket halinde başka oyuncuya temas ettirmeksizin tek elle yere doğru iterek hareket ettirmesidir. Top sürme oyuncunun topu yere doğru itmesi ile başlar ve oyuncunun iki elle aynı anda topa dokunması ya da topu tutması sonucu tamamlanır.

(c) Pas (C_{21}): Bireysel hücum tekniğinin önemli elementlerinden biridir. Pas oyunun ve oyuncunun hızı ile oyunda hareketin sağlanması ve topun değişik yönlere aktarımında kullanılmaktadır.

(d) Şut (C_{21}): Şut, hücum oyuncusunun kurallara uygun olarak topu elleri ile direkt potaya atma hareketidir. En basit anlamı ise şut sayı yapmaktır ki bu da basketbolun oyununun ana hedefidir.

(e) Ribaunt (C_{21}): Kaçırılan bir şut veya serbest atışta rakibe karşı uygun pozisyonu almak ve zıplayarak topu kapmaktır.

(f) Maç gözlemi (C₂₁): Gözlemde rakip takım ve kendi takımımızı izleyebiliriz. Amaç, takımımızın verim gücünü artırmak ve nasıl başarılı olabiliriz sorusuna yanıt bulabilmektir.

5.2.2 Verilerin Toplanması

Şekil 5.17’de tüm ana ve alt kriterler hiyerarşik olarak gösterilmiştir. Fiziksel özellikler laboratuvar ortamında ölçülebilen değerlerdir. Teknik beceriler ise fiziksel olarak ölçülemeyen ancak gözlemle değerlendirilebilen özelliklerdir. Geliştirilen yöntemin uygulamasının yapılması için Muğla Gençlik Spor İl Müdürlüğünde 7-14 yaş grubu basketbol kursunda bulunan yedi adet oyuncu ele alınmıştır. Amacımız bu yedi aday oyuncu arasından takımda oynayabilecek en uygun oyuncuların seçilmesidir. İlk olarak ölçüm laboratuvarında Tablo 5.37’de görülen her bir oyuncu için fiziksel uygunluk değerleri ölçülmüştür. Oyuncuların boy ortalaması: 160.5±4.76 cm ve ağırlık ortalaması: 51.99±5.76 kg.

Tablo 5.37 Fiziksel uygunluk kriterleri için ölçüm değerleri

Alt- Kriter	Dikey Sıçrama (cm)	Kassal Kuvvet (kg)	Hareket Sürati (sn)	Reaksiyon Zamanı (sn)	BKİ (kg/m ²)	VYY (%)	Dayanıklılık (m)	Anaerobik güç (kg-m/sn)
Aday								
1	16	15.5	7.08	0.19	26.02	23.0	1810	66.58
2	32	21.5	6.17	0.18	18.29	16.5	2700	54.34
3	24	15.9	5.79	0.16	17.29	17.3	2050	52.92
4	31	21.8	5.51	0.17	16.24	4.7	2570	58.54
5	19	11.4	7.05	0.29	23.22	32.8	2400	44.86
6	19	23.9	7.08	0.25	23.86	24.4	1800	67.73
7	24	5.0	6.61	0.19	14.84	9.70	2500	35.02

Fiziksel uygunluk değerlerini elde ettikten sonra farklı alanlardan (antrenör, spor uzmanı ve akademisyen) üç karar verici (basketbol uzmanları) ile Ek 1’de verilen Şekil A1-A3 değerlendirme formlarını kullanarak ana ve alt kriterler için ikili karşılaştırmalar yapılmış ve Tablo 5.38-5.40’de verilmiştir. Her bir karar verici (D_p) Tablo 2.2 Temel 1-9 ölçeğini kullanarak ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar gerçekleştirmiştir.

Tablo 5.38 Ana kriterler için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Kriter	C ₁	C ₂
D ₁	C ₁	1	0.5
	C ₂	2	1
D ₂	C ₁	1	2
	C ₂	0.5	1
D ₃	C ₁	1	0.33
	C ₂	3	1

Tablo 5.39 Fiziksel Uygunluk alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Kriter	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
D ₁	C ₁₁	1	2	1	0.5	0.5	1	0.5	0.33
	C ₁₂	0.5	1	0.5	0.5	1	1	1	0.5
	C ₁₃	1	2	1	1	0.33	4	1	0.5
	C ₁₄	2	2	1	1	0.5	1	1	1
	C ₁₅	2	1	3	2	1	1	2	2
	C ₁₆	1	1	0.25	1	1	1	1	1
	C ₁₇	2	1	1	1	0.5	1	1	0.5
	C ₁₈	3	2	2	1	0.5	1	2	1
D ₂	C ₁₁	1	3	1	0.33	1	0.5	0.33	0.5
	C ₁₂	0.33	1	0.33	0.33	0.5	1	1	0.33
	C ₁₃	1	3	1	1	0.33	1	1	0.5
	C ₁₄	3	3	1	1	1	0.5	1	1
	C ₁₅	1	2	3	1	1	1	2	1
	C ₁₆	2	1	1	2	1	1	2	1
	C ₁₇	3	1	1	1	0.5	0.5	1	1
	C ₁₈	2	3	2	1	1	1	1	1
D ₃	C ₁₁	1	4	2	0.33	1	5	0.5	0.5
	C ₁₂	0.25	1	0.5	0.33	0.5	3	2	0.5
	C ₁₃	0.5	2	1	2	1	2	2	0.33
	C ₁₄	3	3	0.5	1	0.5	5	2	1
	C ₁₅	1	2	1	2	1	1	1	1
	C ₁₆	0.2	0.33	0.5	0.2	1	1	0.5	0.25
	C ₁₇	2	0.5	0.5	0.5	1	2	1	2
	C ₁₈	2	2	3	1	1	4	0.5	1

Tablo 5.40 Teknik Beceriler alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Kriter	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆
D ₁	C ₂₁	1	0.5	2	0.5	3	0.25
	C ₂₂	2	1	2	0.5	0.5	0.5
	C ₂₃	0.5	0.5	1	0.5	1	0.33
	C ₂₄	2	2	2	1	2	0.33
	C ₂₅	0.33	2	1	0.5	1	0.33
	C ₂₆	4	2	3	3	3	1
D ₂	C ₂₁	1	1	0.5	1	2	2
	C ₂₂	1	1	2	1	1	2
	C ₂₃	2	0.5	1	0.5	2	1
	C ₂₄	1	1	2	1	1	2
	C ₂₅	0.5	1	0.5	1	1	0.5
	C ₂₆	0.5	0.5	1	0.5	2	1
D ₃	C ₂₁	1	2	1	2	2	1
	C ₂₂	0.5	1	1	2	0.5	1
	C ₂₃	1	1	1	2	1	2
	C ₂₄	0.5	0.5	0.5	1	2	3
	C ₂₅	0.5	2	1	0.5	1	0.5
	C ₂₆	1	1	0.5	0.33	2	1

Daha sonra teknik beceriler için gözlemsel değerleri elde etmek amacıyla Ek 1’de verilen Şekil A4 değerlendirme formu ile her bir oyuncu için Teknik beceriler alt kriterlerine göre ikili karşılaştırmalar yapılmış ve Tablo 5.41-5.46’de verilmiştir. Tüm veriler elde edildikten sonra geliştirilen karar destek sistemleri ve uygulamaları bir sonraki bölümde detaylı olarak anlatılacaktır.

Tablo 5.41 Toplu Driller alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Aday	1	2	3	4	5	6	7
D ₁	1	1	0.33	2	0.5	3	6	2
	2	3	1	4	2	3	6	3
	3	0.5	0.25	1	0.33	1	2	0.5
	4	2	0.5	3	1	4	5	2
	5	0.33	0.33	1	0.25	1	3	0.5
	6	0.17	0.17	0.5	0.2	0.33	1	0.33
	7	0.5	0.33	2	0.5	2	3	1
D ₂	1	1	2	1	1	1	4	1
	2	0.5	1	0.5	1	0.5	3	1
	3	1	2	1	2	1	2	0.5
	4	1	1	0.5	1	2	3	1
	5	1	2	1	0.5	1	1	2
	6	0.25	0.33	0.5	0.33	1	1	1
	7	1	1	2	1	0.5	1	1
D ₃	1	1	0.5	1	0.33	2	4	1
	2	2	1	3	1	2	4	1
	3	1	0.33	1	2	1	1	2
	4	3	1	0.5	1	3	2	4
	5	0.5	0.5	1	0.33	1	2	1
	6	0.25	0.25	1	0.5	0.5	1	2
	7	1	1	0.5	0.25	1	0.5	1

Tablo 5.42 Top Sürme alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Aday	1	2	3	4	5	6	7
D ₁	1	1	0.13	1	0.5	0.25	1	0.2
	2	8	1	8	7	5	8	3
	3	1	0.13	1	0.5	0.33	3	0.33
	4	2	0.14	2	1	1	6	1
	5	4	0.2	3	1	1	5	0.5
	6	1	0.13	0.33	0.17	0.2	1	0.17
	7	5	0.33	3	1	2	6	1
D ₂	1	1	0.33	1	0.5	0.5	1	0.5
	2	3	1	2	4	2	4	1
	3	1	0.5	1	2	1	2	2
	4	2	0.25	0.5	1	1	3	0.5
	5	2	0.5	1	1	1	3	1
	6	1	0.25	0.5	0.33	0.33	1	0.33
	7	2	1	0.5	2	1	3	1
D ₃	1	1	0.25	2	1	0.33	2	1
	2	4	1	1	3	1	2	0.5
	3	0.5	1	1	1	2	1	1
	4	1	0.33	1	1	0.5	1	1
	5	3	1	0.5	2	1	2	1
	6	0.5	0.5	1	1	0.5	1	1
	7	1	2	1	1	1	1	1

Tablo 5.43 Pas alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Aday	1	2	3	4	5	6	7
D ₁	1	1	0.17	6	1	1	7	1
	2	6	1	7	4	5	9	4
	3	0.17	0.14	1	0.17	1	3	0.25
	4	1	0.25	6	1	4	6	1
	5	1	0.2	1	0.25	1	3	1
	6	0.14	0.11	0.33	0.17	0.33	1	0.2
	7	1	0.25	4	1	1	5	1
D ₂	1	1	0.33	4	1	1	4	0.5
	2	3	1	4	1	2	4	1
	3	0.25	0.25	1	0.5	1	0.5	0.5
	4	1	1	2	1	2	3	0.5
	5	1	0.5	1	0.5	1	1	1
	6	0.25	0.25	2	0.33	1	1	0.5
	7	2	1	2	2	1	2	1
D ₃	1	1	1	2	0.5	1	2	0.5
	2	1	1	3	4	3	4	0.5
	3	0.5	0.33	1	0.33	2	1	3
	4	2	0.25	3	1	1	2	1
	5	1	0.33	0.5	1	1	1	0.33
	6	0.5	0.25	1	0.5	1	1	2
	7	2	2	0.33	1	3	0.5	1

Tablo 5.44 Şut alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Aday	1	2	3	4	5	6	7
D ₁	1	1	0.14	2	1	1	3	1
	2	7	1	3	7	8	2	6
	3	0.5	0.33	1	0.2	0.5	1	0.33
	4	1	0.14	5	1	1	3	1
	5	1	0.13	2	1	1	2	0.5
	6	0.33	0.5	1	0.33	0.5	1	0.5
	7	1	0.17	3	1	2	2	1
D ₂	1	1	0.25	5	1	2	0.5	1
	2	4	1	4	3	1	1	4
	3	0.2	0.25	1	0.5	1	1	0.5
	4	1	0.33	2	1	2	1	2
	5	0.5	1	1	0.5	1	0.5	1
	6	2	1	1	1	2	1	2
	7	1	0.25	2	0.5	1	0.5	1
D ₃	1	1	0.33	4	2	1	4	0.5
	2	3	1	2	3	2	1	3
	3	0.25	0.5	1	1	0.5	2	0.5
	4	0.5	0.33	1	1	1	4	2
	5	1	0.5	2	1	1	4	1
	6	0.25	1	0.5	0.25	0.25	1	2
	7	2	0.33	2	0.5	1	0.5	1

Tablo 5.45 Ribaunt alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Aday	1	2	3	4	5	6	7
D ₁	1	1	0.2	0.33	0.33	4	6	2
	2	5	1	0.25	2	4	6	5
	3	3	4	1	3	2	1	3
	4	3	0.5	0.33	1	4	6	3
	5	0.25	0.25	0.5	0.25	1	3	0.5
	6	0.17	0.17	1	0.17	0.33	1	0.33
	7	0.5	0.2	3	0.33	2	3	1
D ₂	1	1	0.25	0.5	0.5	3	4	1
	2	4	1	0.33	2	3	2	3
	3	2	3	1	2	2	2	3
	4	2	0.5	0.5	1	2	1	3
	5	0.33	0.33	0.5	0.5	1	2	1
	6	0.25	0.5	0.5	1	0.5	1	1
	7	1	0.33	0.33	0.33	1	1	1
D ₃	1	1	0.5	0.5	2	1	2	2
	2	2	1	0.5	3	1	1	2
	3	2	2	1	1	2	3	2
	4	0.5	0.33	1	1	3	1	2
	5	1	1	0.5	0.33	1	2	1
	6	0.5	1	0.33	1	0.5	1	2
	7	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1

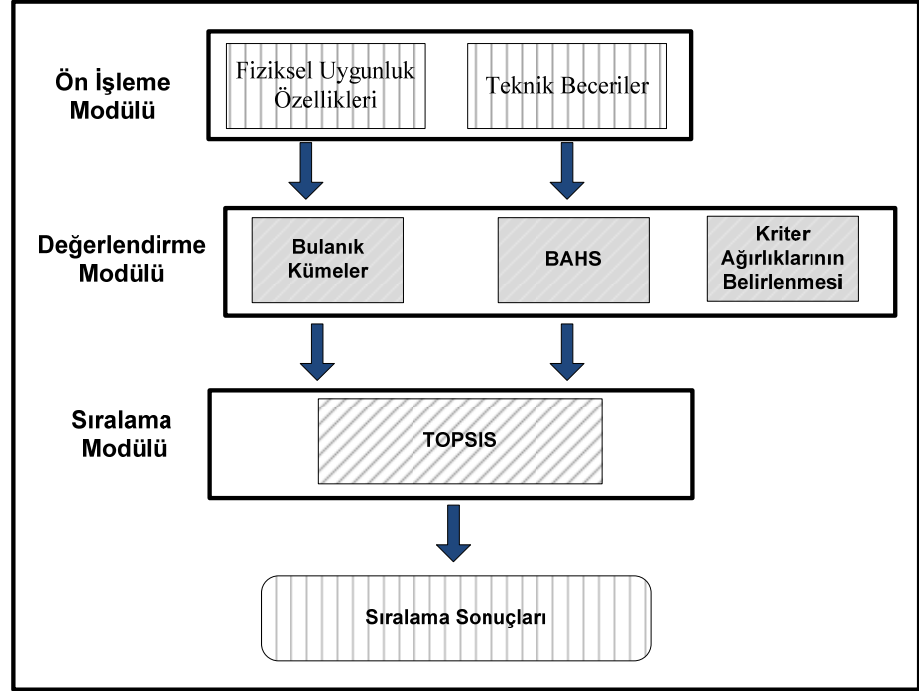
Tablo 5.46 Maç gözlemi alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi

Karar Verici	Aday	1	2	3	4	5	6	7
D ₁	1	1	0.2	2	0.33	4	6	2
	2	5	1	6	2	4	6	5
	3	0.5	0.17	1	0.25	0.5	3	0.5
	4	3	0.5	4	1	4	6	3
	5	0.25	0.25	2	0.25	1	3	0.5
	6	0.17	0.17	0.33	0.17	0.33	1	0.33
	7	0.5	0.2	2	0.33	2	3	1
D ₂	1	1	0.25	2	0.5	3	4	1
	2	4	1	4	2	3	2	3
	3	0.5	0.25	1	0.5	1	2	1
	4	2	0.5	2	1	2	1	3
	5	0.33	0.33	1	0.5	1	2	1
	6	0.25	0.5	0.5	1	0.5	1	1
	7	1	0.33	1	0.33	1	1	1
D ₃	1	1	0.5	1	2	1	2	2
	2	2	1	4	3	1	1	2
	3	1	0.25	1	0.5	2	1	2
	4	0.5	0.33	2	1	3	1	2
	5	1	1	0.5	0.33	1	2	1
	6	0.5	1	1	1	0.5	1	2
	7	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1

5.2.3 Geliştirilen Karar Destek Sistemleri

5.2.3.1 Bulanık Çok Kriterli Karar Destek Sistemi

Fiziksel uygunluk ölçüm değerleri ve teknik becerilerin gözlem değerleri kullanılarak en iyi basketbol oyuncularının seçilmesi için geliştirilen bulanık çok kriterli modelin mimarisi Şekil 5.18’de verilmiştir:



Şekil 5.18 Geliştirilen modelin mimarisi

Model üç temel modülden oluşmaktadır. Ön işleme modülünde uzman görüşlerine göre özelliklerin belirlenmesi, sınıflandırılması ve işleme hazırlanması gerçekleşmektedir. Fiziksel uygunluk ölçüm değerleri ve teknik becerilere ait gözlem değerleri aynı modülde elde edilmektedir. Değerlendirme modülünde fiziksel uygunluk özellikleri bulanık kümelerle gösterilmekte, teknik beceriler ise ÇKKV yöntemi olan BAHS ile hesaplanmaktadır. Ana ve alt kriter ağırlıkları da bu modülde ikili karşılaştırmalar yapılarak bulunmaktadır. Sıralama modülünde ise kriter ağırlıklarının bulunması ile sıralama işlemi, yine ÇKKV yöntemlerinden biri olan ve en iyi sıralama algoritmalarından biri olan TOPSIS yöntemi ile bulunmaktadır. Seçim işlemi bu sıralama üzerinden yapılmaktadır. Şimdi verileri kullanarak modelin nasıl uygulanacağını ele alalım.

Farklı alanlardan olan karar vericiler farklı ağırlık vektörleri tanımlamaktadırlar. Bu durum karar verme sürecinde kesin olmayan ve eksik değerlendirmeye ve tutarsızlığa götürebilmektedir. Bunun için BAHS üzerinde ikili karşılaştırmaları iyileştirmek için grup karar verme yöntemi (Ertuğrul and Karakaşoğlu, 2009) kullanılmıştır. Her bir karar verici (D_p) Tablo 2.2 Temel 1-9 ölçeğini kullanarak ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar gerçekleştirmiştir (Chen, 2004). Tablo 5.38'deki ana kriterler için karar matrisleri karar vericilere göre ayrı ayrı şu şekildedir:

$$D_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \quad D_2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad D_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

Daha sonra eşitlik 5.5 ile $\tilde{x}_{ij}$ değerleri elde edilir. Bu değer her bir ikili karşılaştırma için karar vericilerin değerlendirmelerinden oluşan vektördür. Bir sonraki adımda eşitlik 5.6 kullanılarak l, m, u değerlerinden oluşan grup bazlı ve birleştirilmiş bulanık ikili karşılaştırma matrisi oluşturulabilir (Chen et al., 2006).

$$(\tilde{x}_{ij}) = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad (5.5)$$

$$l_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, \quad m_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, \quad u_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\} \quad (5.6)$$

Bu yolla karar vericilerin ikili karşılaştırma değerleri Tablo 5.47'deki üçgensel bulanık sayılara çevrilmiştir:

Tablo 5.47 Bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	C ₁	C ₂
C ₁	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)
C ₂	(1,3,5)	(1,1,1)

Bulanık ikili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra ana ve alt kriter ağırlıkları BAHS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. BAHS yöntemi mertebe değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Tablo 5.47'deki veriler üzerinde eşitlik 3.8 kullanılarak aşağıdaki mertebe değerleri bulunmuştur:

$$S_{C_1} = (1.33, 1.94, 3) \otimes (1/7, 1/4.77, 1/2.83) = (0.190, 0.407, 1.060)$$

$$S_{C_2} = (1.50, 2.83, 4) \otimes (1/7, 1/4.77, 1/2.83) = (0.082, 0.267, 1.413)$$

Bu bulanık değerler eşitlik 3.14 kullanılarak karşılaştırılmış ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir:

$$V(S_{C_1} \geq S_{C_2}) = 1, V(S_{C_2} \geq S_{C_1}) = 0.819$$

Bir sonraki aşamada, eşitlik 3.15 kullanılarak öncelik ağırlıkları bulunmuştur:

$$d'(C_1) = \min(1) = 1$$

$$d'(C_2) = \min(0.819) = 0.819$$

Öncelik ağırlıkları $W' = (1, 0.819)$ vektörü şeklinde bulunmuştur. Bu değerlerin normalize edilmesinden sonra ana kriterlerin ağırlıkları $(0.45, 0.55)$ olarak bulunmuştur.

Benzer şekilde alt kriter ağırlıklarının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Tablo 5.39'daki Fiziksel Uygunluk alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi Tablo 5.48'deki bulanık karşılaştırma matrisine çevrilmiştir:

Tablo 5.48 Fiziksel uygunluk kriterlerine ait bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
C ₁	(1,1,1)	(2,3,4)	(1,1.33,2)	(0.33,0.39,0.5)	(0.5,0.83,1)	(0.5,2.17,5)	(0.33,0.44,0.5)	(0.33,0.44,0.5)
C ₂	(0.25,0.36,0.5)	(1,1,1)	(0.33,0.44,0.5)	(0.33,0.39,0.5)	(0.5,0.67,1)	(1,1.67,3)	(1,1.33,2)	(0.33,0.44,0.5)
C ₃	(0.5,0.83,1)	(2,2.33,3)	(1,1,1)	(1,1.33,2)	(0.33,0.56,1)	(1,2.33,4)	(1,1.33,2)	(0.33,0.44,0.5)
C ₄	(2,2.67,3)	(2,2.67,3)	(0.5,0.83,1)	(1,1,1)	(0.5,0.67,1)	(0.5,2.17,5)	(1,1.33,2)	(1,1,1)
C ₅	(1,1.33,2)	(1,1.67,2)	(1,2.33,3)	(1,1.67,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1.67,2)	(1,1.33,2)
C ₆	(0.2,1.07,2)	(0.33,0.78,1)	(0.25,0.58,1)	(0.2,1.07,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(0.5,1.17,2)	(0.25,0.75,1)
C ₇	(2,2.33,3)	(0.5,0.83,1)	(0.5,0.83,1)	(0.5,0.83,1)	(0.5,0.67,1)	(0.5,1.17,2)	(1,1,1)	(0.5,1.17,2)
C ₈	(2,2.33,3)	(2,2.33,3)	(2,2.33,3)	(1,1,1)	(0.5,0.83,1)	(1,2,4)	(0.5,1.17,2)	(1,1,1)

Ana kriter ağırlıklarının bulunmasında olduğu gibi Tablo 5.48'deki veriler kullanılarak aşağıdaki mertbe değerleri elde edilmiştir:

$$S_{C_{11}} = (0.054, 0.120, 0.267), S_{C_{12}} = (0.042, 0.079, 0.166), S_{C_{13}} = (0.064, 0.127, 0.267), S_{C_{14}} = (0.076, 0.154, 0.313), S_{C_{15}} = (0.072, 0.150, 0.277), S_{C_{16}} = (0.033, 0.093, 0.203), S_{C_{17}} = (0.054, 0.110, 0.221), S_{C_{18}} = (0.090, 0.163, 0.332),$$

$$V(S_{C_{11}} \geq S_{C_{12}}) = 1, V(S_{C_{11}} \geq S_{C_{13}}) = 0.96, V(S_{C_{11}} \geq S_{C_{14}}) = 0.84, V(S_{C_{11}} \geq S_{C_{15}}) = 0.86, \\ V(S_{C_{11}} \geq S_{C_{16}}) = 1, V(S_{C_{11}} \geq S_{C_{17}}) = 1, V(S_{C_{11}} \geq S_{C_{18}}) = 0.80, V(S_{C_{12}} \geq S_{C_{11}}) = 0.73, \\ V(S_{C_{12}} \geq S_{C_{13}}) = 0.67, V(S_{C_{12}} \geq S_{C_{14}}) = 0.54, V(S_{C_{12}} \geq S_{C_{15}}) = 0.56,$$

$$\begin{aligned}
&V(S_{C12} \geq S_{C16}) = 0.90, \quad V(S_{C12} \geq S_{C17}) = 0.78, \quad V(S_{C12} \geq S_{C18}) = 0.47, \quad V(S_{C13} \geq S_{C11}) = 1, \\
&V(S_{C13} \geq S_{C12}) = 1, \quad V(S_{C13} \geq S_{C14}) = 0.87, \quad V(S_{C13} \geq S_{C15}) = 0.89, \quad V(S_{C13} \geq S_{C16}) = 1, \\
&V(S_{C13} \geq S_{C17}) = 1, \quad V(S_{C13} \geq S_{C18}) = 0.83, \quad V(S_{C14} \geq S_{C11}) = 1, \quad V(S_{C14} \geq S_{C12}) = 1, \\
&V(S_{C14} \geq S_{C13}) = 1, \quad V(S_{C14} \geq S_{C15}) = 1, \quad V(S_{C14} \geq S_{C16}) = 1, \quad V(S_{C14} \geq S_{C17}) = 1, \\
&V(S_{C14} \geq S_{C18}) = 0.96, \quad V(S_{C15} \geq S_{C11}) = 1, \quad V(S_{C15} \geq S_{C12}) = 1, \quad V(S_{C15} \geq S_{C13}) = 1, \\
&V(S_{C15} \geq S_{C14}) = 0.97, \quad V(S_{C15} \geq S_{C16}) = 1, \quad V(S_{C15} \geq S_{C17}) = 1, \quad V(S_{C15} \geq S_{C18}) = 0.93, \\
&V(S_{C16} \geq S_{C11}) = 0.84, \quad V(S_{C16} \geq S_{C12}) = 1, \quad V(S_{C16} \geq S_{C13}) = 0.80, \quad V(S_{C16} \geq S_{C14}) = 0.67, \\
&V(S_{C16} \geq S_{C15}) = 0.69, \quad V(S_{C16} \geq S_{C17}) = 0.89, \quad V(S_{C16} \geq S_{C18}) = 0.61, \\
&V(S_{C17} \geq S_{C11}) = 0.94, \quad V(S_{C17} \geq S_{C12}) = 1, \quad V(S_{C17} \geq S_{C13}) = 0.90, \quad V(S_{C17} \geq S_{C14}) = 0.76, \\
&V(S_{C17} \geq S_{C15}) = 0.79, \quad V(S_{C17} \geq S_{C16}) = 1, \quad V(S_{C17} \geq S_{C18}) = 0.71, \quad V(S_{C18} \geq S_{C11}) = 1, \\
&V(S_{C18} \geq S_{C12}) = 1, \quad V(S_{C18} \geq S_{C13}) = 1, \quad V(S_{C18} \geq S_{C14}) = 1, \quad V(S_{C18} \geq S_{C15}) = 1, \\
&V(S_{C18} \geq S_{C16}) = 1, \quad V(S_{C18} \geq S_{C17}) = 0.94,
\end{aligned}$$

Tablo 5.48’den elde edilen ağırlık vektörü aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$W_{C1} = (0.127, 0.075, 0.131, 0.152, 0.148, 0.097, 0.113, 0.157)^T.$$

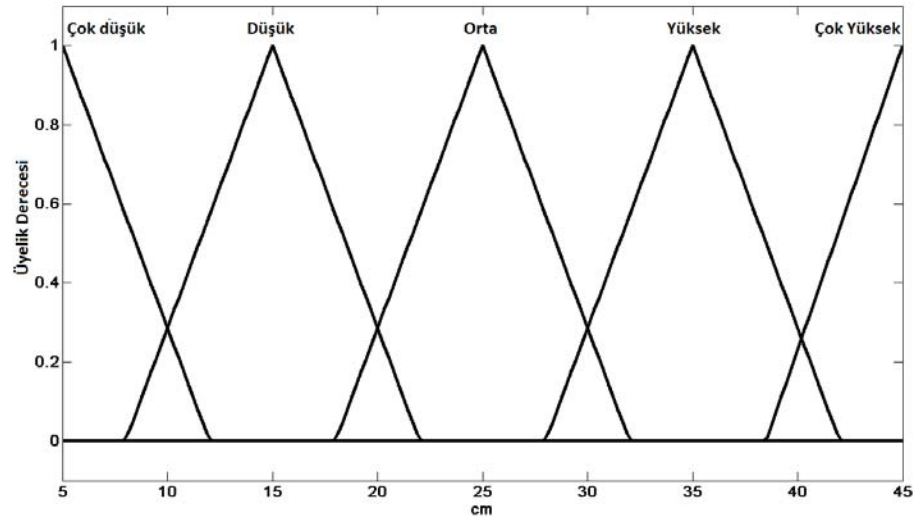
Teknik beceriler alt kriterleri için Tablo 5.40’deki veriler kullanılarak aynı işlemler gerçekleştirilmiş ve hesaplanan ağırlıklar Şekil 5.17’de gösterilmiştir.

Daha sonra her bir oyuncu için Teknik beceriler alt kriterlerine göre Tablo 5.41-5.46’daki ikili karşılaştırmalar kullanılarak aynı işlemler yapılmış ve Tablo 5.49’da yer alan her bir adayın teknik beceriler alt kriterlerine göre öncelik değerleri bulunmuştur:

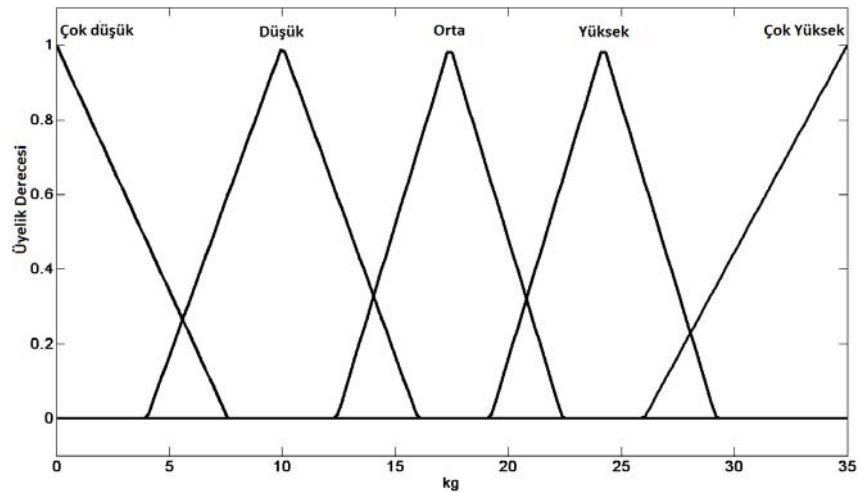
Tablo 5.49 Her bir adayın teknik becerilere ilişkin öncelik değerleri

Alt kriter	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆
Aday						
1	0.174	0.074	0.172	0.176	0.165	0.192
2	0.193	0.254	0.245	0.304	0.210	0.272
3	0.129	0.125	0.095	0.02	0.198	0.092
4	0.189	0.141	0.186	0.173	0.178	0.22
5	0.122	0.172	0.075	0.114	0.078	0.089
6	0.065	0.043	0.054	0.093	0.056	0.039
7	0.126	0.189	0.171	0.118	0.112	0.094

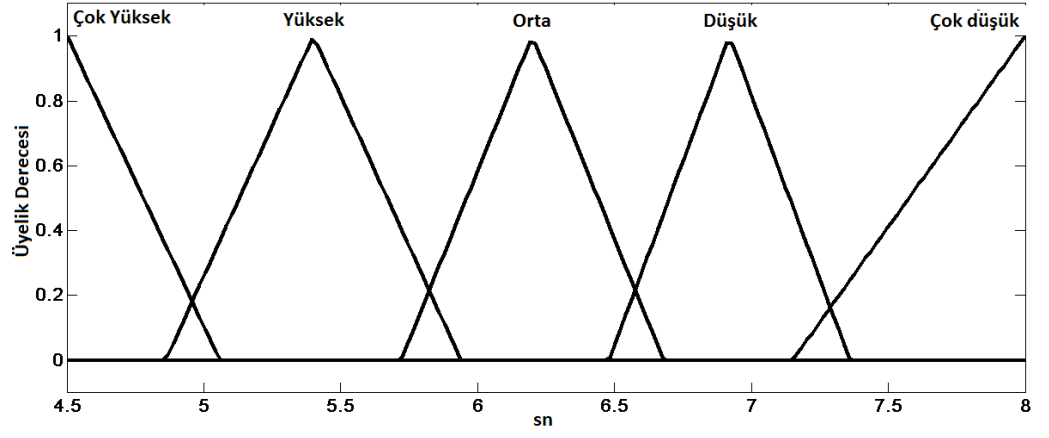
Laboratuvar ortamında elde edilen fiziksel uygunluk kriterleri için değerlerin diğer bulanık sayılarla işleme girebilmesi için bulanık değerlere çevrilmesi gerekmektedir. Yager (1978)'in bulanık karar verme modeline göre, her bir kriter bir bulanık kümedir. Başka bir deyişle, her bir alternatif $[0,1]$ aralığında üyelik değerleri ile gösterilebilir. Tablo 5.37'deki fiziksel ölçüm değerlerinin üyelik değerlerini hesaplamak için kullanılacak ve uzmanlar tarafından tanımlanan üyelik fonksiyonları Şekil 5.19-5.26'da verilmiştir. Üyelik fonksiyonları uzmanlar tarafından 7-14 yaş arasındaki oyuncuların ideal değerleri baz alınarak tanımlanmıştır. Tüm üyelik fonksiyonları üçgensel yapıdadır ve beş ayrı bulanık kümeye ayrılmaktadır.



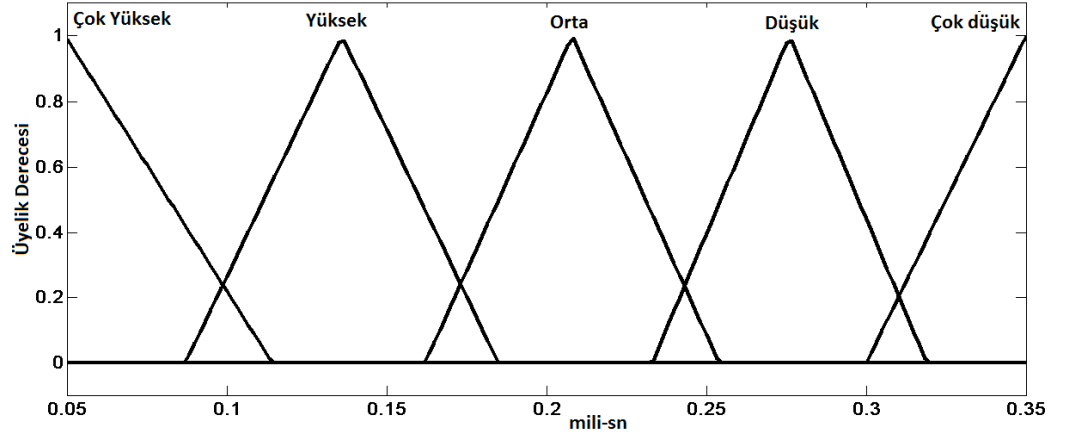
Şekil 5.19 Dikey sıçrama için üyelik fonksiyonu



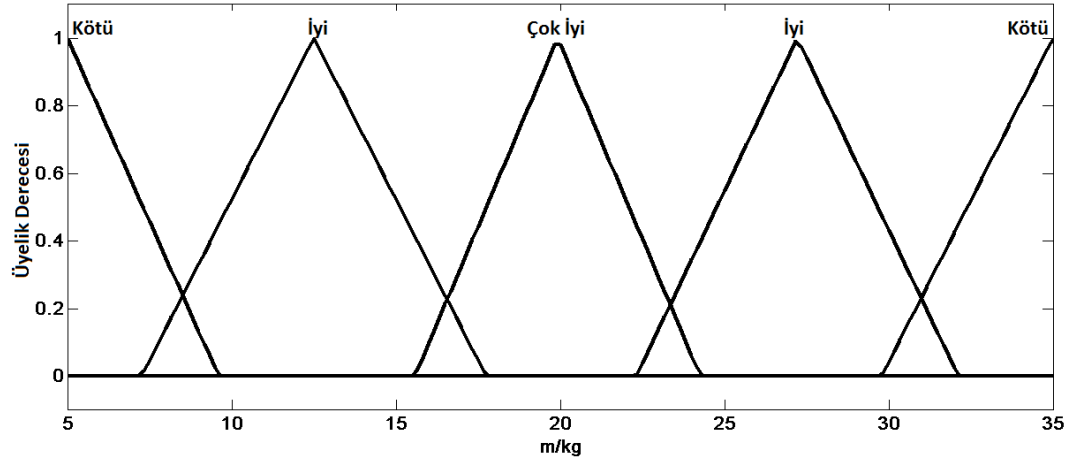
Şekil 5.20 Kassal kuvvet için üyelik fonksiyonu



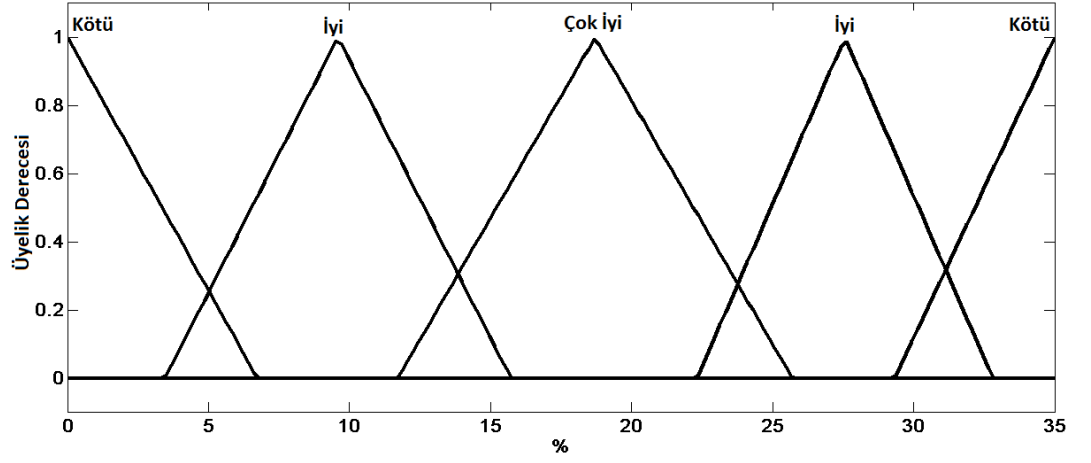
Şekil 5.21 Hareket sürati için üyelik fonksiyonu



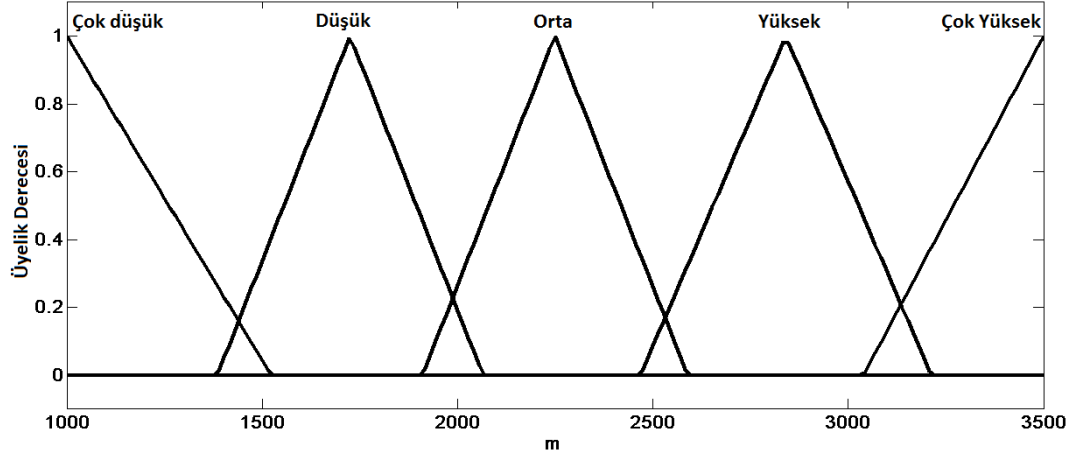
Şekil 5.22 Reaksiyon zamanı için üyelik fonksiyonu



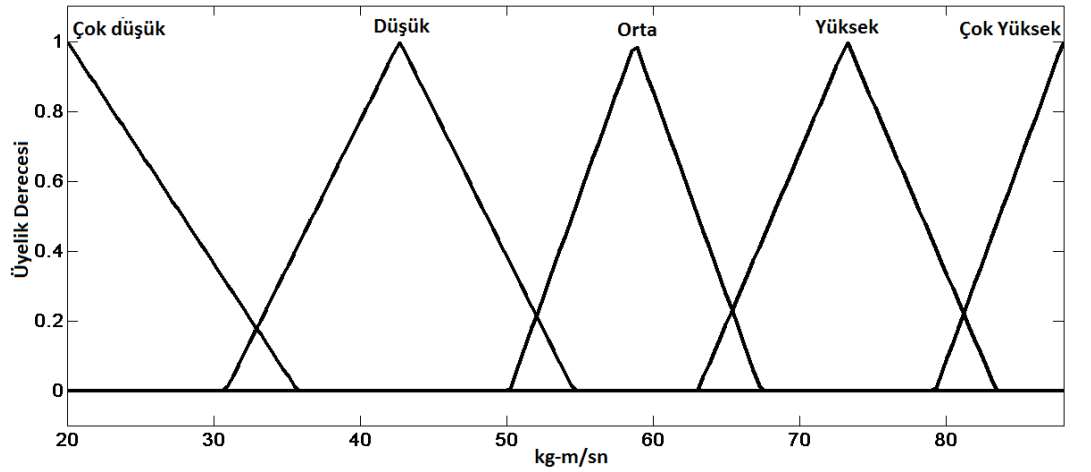
Şekil 5.23 BKİ için üyelik fonksiyonu



Şekil 5.24 VYY için üyelik fonksiyonu



Şekil 5.25 Dayanıklılık için üyelik fonksiyonu



Şekil 5.26 Anaerobik Güç için üyelik fonksiyonu

Yukarıdaki fiziksel özelliklere ait üyelik fonksiyonlarına göre üyelik değerleri eşitlik 3.1 kullanılarak Tablo 5.50'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 5.50 Fiziksel ölçüm değerlerine ait üyelik değerleri

Alt kriter	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
Aday								
1	0.300	0.469	0.280	0.500	0.700	0.860	0.303	0.654
2	0.700	0.637	0.490	0.547	0.929	0.931	0.700	0.489
3	0.500	0.493	0.616	0.700	0.876	0.934	0.477	0.435
4	0.644	0.655	0.700	0.624	0.778	0.466	0.663	0.500
5	0.356	0.300	0.276	0.300	0.821	0.302	0.500	0.300
6	0.356	0.700	0.280	0.341	0.753	0.774	0.300	0.700
7	0.500	0.156	0.369	0.500	0.700	0.700	0.553	0.271

Tüm alt kriterlere ait bulanık değerler bulunduğundan sonra, sıralama için TOPSIS yöntemine göre bu değerler eşitlik 2.7 kullanılarak normalize edilmiş ve her bir değer kendi ağırlığı ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris bulunmuştur. Daha sonra alt kriterlere ait ağırlıklandırılmış tüm değerler toplanarak birleştirilmiştir. Birleştirilen bu değerler ve ana kriter ağırlıkları çarpılarak Tablo 5.51'deki oyunculara ait kriter değerleri bulunmuştur.

Tablo 5.51 Ana kriterlere ilişkin toplam ağırlıklandırılmış değerler

Ana kriterler	C ₁	C ₂
Aday		
1	0.051	0.020
2	0.067	0.031
3	0.063	0.013
4	0.063	0.022
5	0.041	0.013
6	0.052	0.007
7	0.048	0.016

Pozitif ve negatif ideal çözümler her bir kritere ilişkin maksimum ve minimum değerler dikkate alınarak aşağıdaki gibi bulunmuştur:

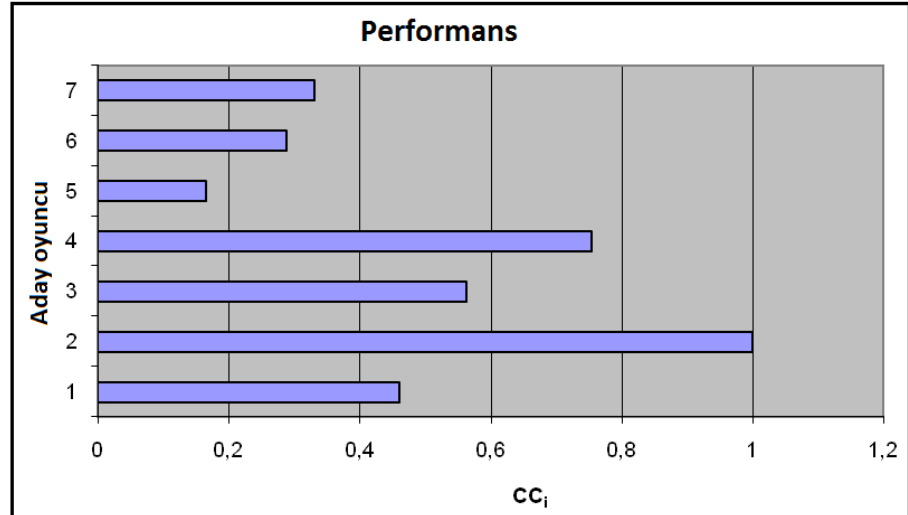
$$A^* = \{0.067, 0.031\}$$

$$A^- = \{0.041, 0.007\}$$

Oyuncuların her bir kriterle göre pozitif ve negatif ideal çözümlerden uzaklıkları eşitlik 2.11 ve 2.12 yardımıyla elde edilmiştir. Her bir aday oyuncunun yakınlık katsayıları eşitlik 2.13 yardımıyla bulunmuş ve bu değerlere göre sıralama Tablo 5.52’de verilmiştir. Oyuncuların performanslarına ait grafiksel gösterim ise Şekil 5.27’de gösterilmiştir. Buna göre öncelik sıralaması görülmekte ve ikinci aday karar tercihlerine göre en iyi olanıdır. Genel sıralama $2 > 4 > 3 > 1 > 7 > 6 > 5$ şeklindedir. Farklı karar vericilerin farklı öncelik değerlerine göre daha farklı sıralamalar da elde edilebilir.

Tablo 5.52 Aday oyuncuların sıralaması

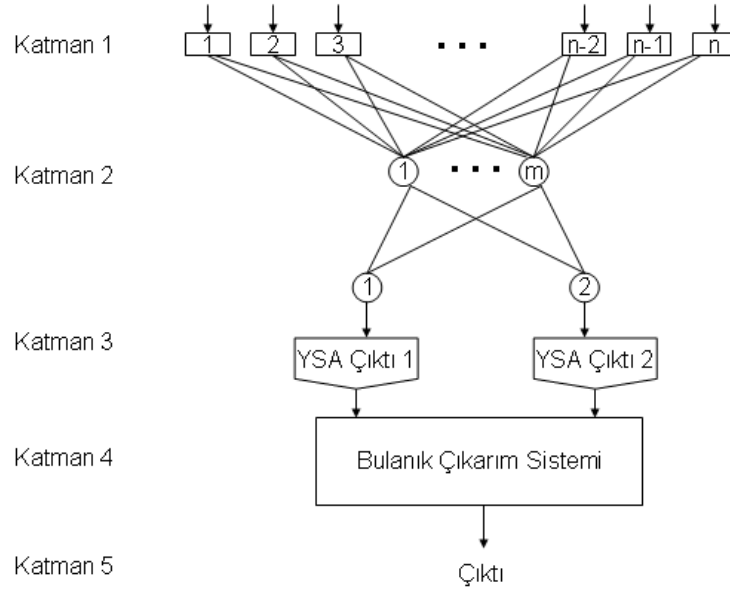
Sıra	Aday	CC _i
1	2	1
2	4	0.754
3	3	0.563
4	1	0.460
5	7	0.331
6	6	0.289
7	5	0.165



Şekil 5.27 Adayların toplam performansı

5.2.3.2 Sinirsel Bulanık Karar Destek Sistemi

Basketbolda oyuncu seçimi için geliştirilen ikinci model (Ballı vd. 2009a), Şekil 5.28'den görüldüğü gibi temel olarak eşzamanlı SBS biçiminde; bir YSA bileşeni ile bir Bulanık Çıkarım bileşeninden oluşmaktadır. Model, bu modeli oluşturan alt sistemlerin bileşkesi olarak çalışmaktadır.



Şekil 5.28 SBS modeli

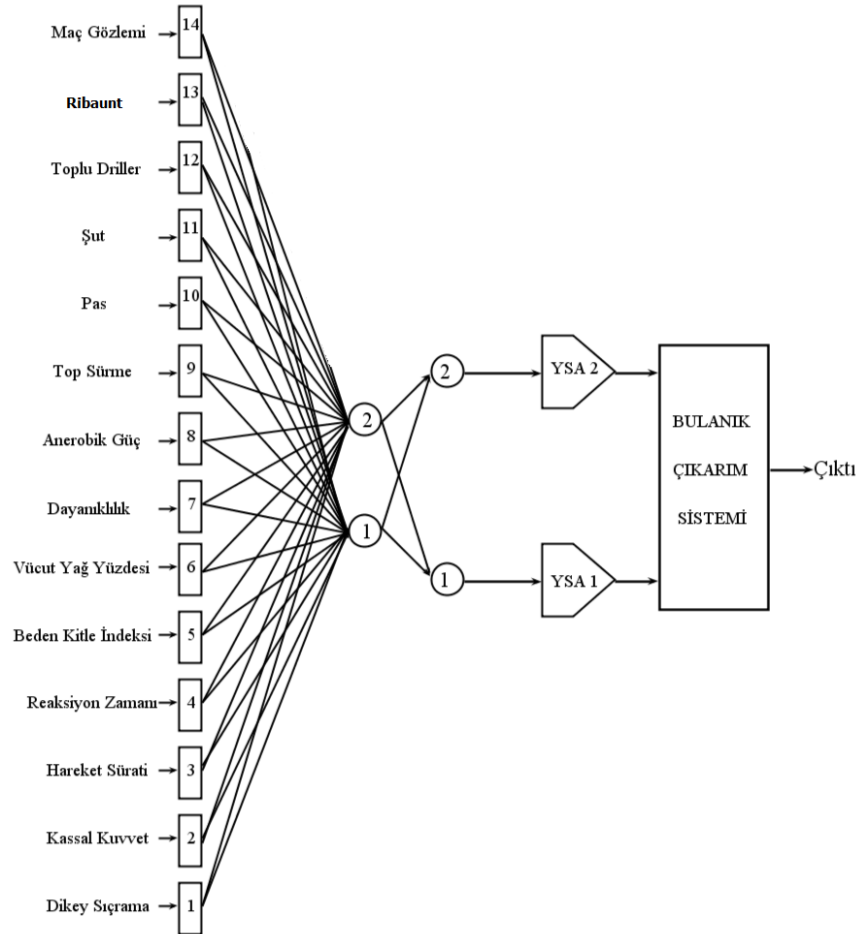
Sistemin girdi ve çıktısı için akış yönü; birinci katmandan başlayarak beşinci katmana kadar olan yönelimdeki ağırlıklar ve düğümler üzerinden girdi sinyalinin gönderilmesi esasına dayanmaktadır. SBKDS'nin oluşturulmasında kullanılan alt sistemler, belirli bir kural-tabanına dayandıkları için bazı kısıtlamalara sahiptirler. Şekil 5.28'de görüldüğü gibi birinci katmandaki değerler SBKDS'nin girdileri olarak alınır. İkinci katmanda bulunan nöronlarda ilgili kriter ağırlıkları ve alternatiflerin üyelik değerleri eşitlik 5.7'deki gibi işleme tabi tutulur:

$$y_i = \sum_{j=1}^n w_{c_j}(a_i) \cdot w(C_j) \quad (5.7)$$

Burada y_i : i alternatifinin tüm kriterlere göre tatmin değeri, $w_{c_j}(a_i)$: j. kriterine göre a_i alternatifinin üyelik değerleri, $w(C_j)$: j kriterinin ağırlığı, n:kriter sayısıdır.

Böylece ikinci katmanın YSA1 ve YSA2 çıktıları, bulanık çıkarım sisteminin girdisi olarak üçüncü katmana gönderilir. Dördüncü katmanda, veriler bulanık çıkarım sistemine tanımlanmış bir kural-tabanı üzerinden değerlendirilir. Kural-tabanının gerekli durumlarda güncellenmesi veya kural eksiltilmesi-eklenilmesi gerekebilir. Bu durumda sistemin elde edeceği sonuçlar daha da iyileştirilebilir. Bu kuralların koşul cümlelerine göre alternatifin performansı belirlenir. Bu aşamadan sonra alternatiflerin performans değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama, beşinci katmanda SBKDS'nin nihai sonucu olarak kullanıcıya sunulur.

Basketbolda oyuncu değerlendirmesi ve seçimi problemi için Şekil 5.29'da görüldüğü üzere sisteme etki eden 14 kriter girdi olarak alınır, önce bulanıklaştırılır sonra YSA bileşenine gönderilir. Bu YSA bileşenine ait çıktılar YSA1 ve YSA2 olarak bulanık çıkarım sistemine gönderilerek kural tabanına göre değerlendirilip performans değeri bulunur. Şimdi bu işlemlere adım adım bakalım:



Şekil 5.29 Geliştirilen SBS Modeli

Her bir adaya ait kriter değerleri bölüm 5.2.2’de verilmişti. Üyelik fonksiyonları kullanılarak bu değerler bulanıklaştırılmış ve kriter ağırlıkları daha önceki bölümde anlatıldığı gibi önemli ve önemsiz kriterler bulanık kümelerle göre uzman kişi tarafından belirlenmiştir. Bulanık değerler kriter ağırlıkları ile beraber bir sonraki bileşen olan YSA’ya gönderilerek burada alternatifin performans ölçütü olarak değerlendirilmiştir. Fiziksel kriterler ve gözlem kriterleri Tablo 5.53’te verilen YSA’nın ayrı ayrı iki çıktısı olarak bulanık çıkarım sistemi’ne gönderilir.

Tablo 5.53 YSA1 ve YSA2 çıktıları

Aday	YSA1	YSA2
1	0.4528	0.0733
2	0.6427	0.2162
3	0.5931	0.0343
4	0.6614	0.1059
5	0.3221	0.0483
6	0.4659	0.0169
7	0.3993	0.0684

Daha sonra YSA’dan gelen iki girdi, Mamdani çıkarım tabanlı (Bulanık VE işlemi) aşağıdaki kurallara göre değerlendirilir. Her bir oyuncunun performansı beş adet bulanık küme ile ifade edilir: çok düşük, düşük, normal, yüksek, çok yüksek. Çıkarım sistemi, 2 girdi ve her girdiye ait 3 bulanık küme bulunduğu için 3^2 kuraldan oluşmaktadır. Kurallar uzman bilgi ve tecrübesi dahilinde oluşturulmuştur. Genelde tüm kuralların ağırlığı eşittir fakat uzmana göre belirlenen özel kurallara özel ağırlık verilebilir.

Kural 1: EĞER Girdi1 düşükse VE Girdi2 düşükse Performans çok düşüktür.

Kural 2: EĞER Girdi1 düşükse VE Girdi2 orta ise Performans düşüktür.

Kural 3: EĞER Girdi1 düşükse VE Girdi2 yüksekse Performans normaldir.

Kural 4: EĞER Girdi1 orta ise VE Girdi2 düşükse Performans düşüktür.

Kural 5: EĞER Girdi1 orta ise VE Girdi2 orta Performans normaldir.

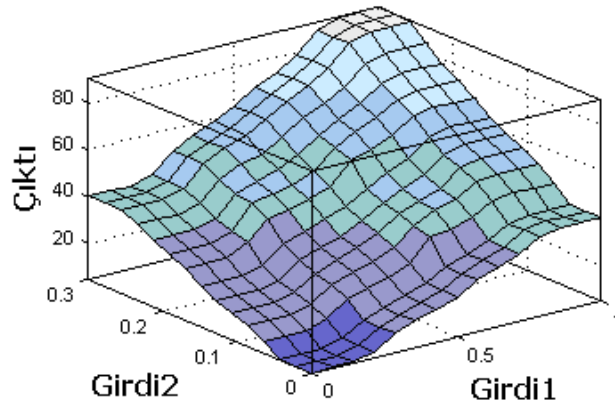
Kural 6: EĞER Girdi1 orta ise VE Girdi2 yüksekse Performans yüksektir.

Kural 7: EĞER Girdi1 yüksekse VE Girdi2 düşükse Performans normaldir.

Kural 8: EĞER Girdi1 yüksekse VE Girdi2 orta ise Performans yüksektir.

Kural 9: EĞER Girdi1 yüksekse VE Girdi2 yüksekse Performans çok yüksektir.

Burada Girdi1 fiziksel kriterleri, Girdi2 ise gözlem kriterlerini temsil etmektedir. Şekil 5.30'da yukarıdaki kurallara ilişkin 3-Boyutlu (Girdi1,Girdi2,Çıktı) kural yüzeyi görülmektedir.



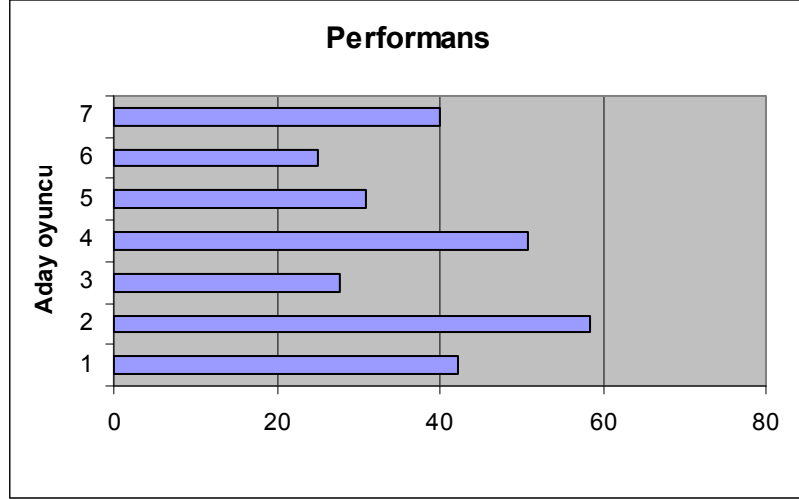
Şekil 5.30 Üç-boyutlu uzayda kural tabanı yüzeyi

Çıkarım için Mamdani Max-Min çıkarım mekanizması ve durulaştırma için ise Ağırlıklı Ortalama Yöntemi kullanılmıştır.

Bulanık çıkarım ile elde edilen performans değerleri Tablo 5.54'te görülmektedir. Oyuncuların performanslarına ait grafiksel gösterim ise Şekil 5.31'de gösterilmiştir.

Tablo 5.54 SBKDS'nin bulduğu performans değerleri

Aday	Performans
1	42.10
2	58.50
3	27.68
4	50.69
5	30.95
6	25.00
7	40.05



Şekil 5.31 Adayların toplam performansı

5.2.4 Sonuçların karşılaştırılması

SBKDS'nin bulduğu performans değerlerine göre adaylar büyükten küçüğe doğru sıralanarak uzman kişinin belirttiği sıralama ile karşılaştırmalı olarak Tablo 5.55'de verilmiştir.

Tablo 5.55 SBKDS ve Uzman Kişi Sıralaması

Sıra	SBKDS	Uzman Kişi
1	2	2
2	4	4
3	1	1
4	7	3
5	5	7
6	3	6
7	6	5

Sonuçların ne derece tutarlı olduğunu ölçmek için Spearman Sıra Korelasyon Testi (Spearman, 1904; Kendall and Gibbons 1990) eşitlik 5.8'deki gibi uygulanmıştır.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5.8)$$

ρ : Spearman sıra korelasyon katsayısı, d_i : beklenen sıra değeri ile gözlenen sıra değeri arasındaki fark, n : alternatif sayısı.

Buna göre $\rho = 0,464$ olarak bulunmuş ve test için hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0 : İki sıralama arasında anlamlı bir korelasyon yoktur.

H_1 : İki sıralama arasında anlamlı korelasyon vardır.

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{(1-\rho^2)/(n-2)}} \quad (5.9)$$

Eşitlik 5.9 kullanılarak Student t dağılımına (Gosset, 1908; Fisher, 1925) göre 1.172 bulunmuş olup, t tablosundan buna karşılık gelen olasılık değeri (iki taraflı) $p=0.294>0.05$ olduğu için H_0 hipotezini reddedilemez yani anlamlı bir korelasyon olmadığı söylenebilir.

Benzer şekilde bulanık çok kriterli KDS'nin bulduğu performans değerlerine göre adaylar büyükten küçüğe doğru sıralanarak uzman kişinin belirttiği sıralama ile karşılaştırmalı olarak Tablo 5.56'da verilmiştir.

Tablo 5.56 Bulanık Çok Kriterli KDS ve Uzman Kişi Sıralaması

Sıra	Bulanık Çok Kriterli KDS	Uzman Kişi
1	2	2
2	4	4
3	3	1
4	1	3
5	7	7
6	6	6
7	5	5

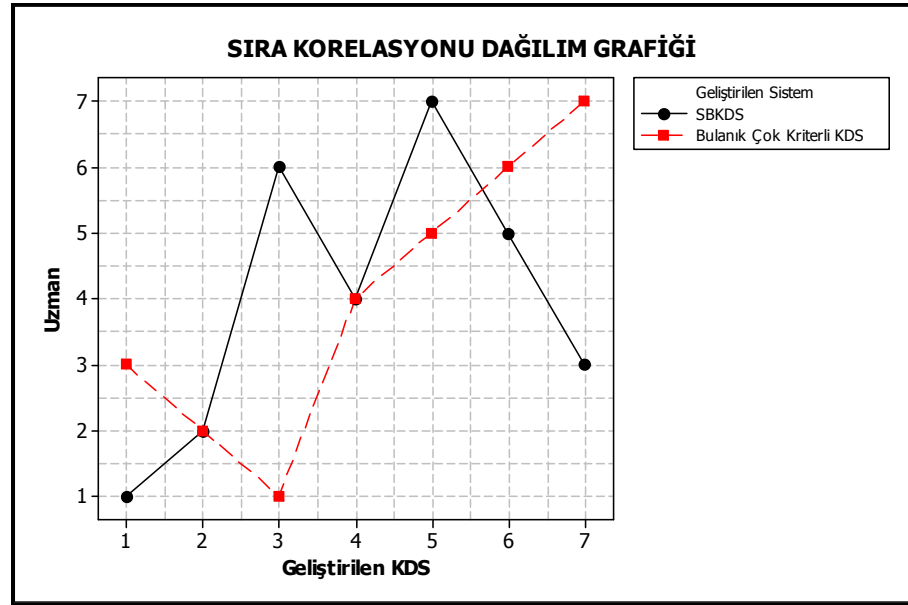
Buradan Spearman sıra korelasyon katsayısı $\rho = 0,857$ olarak bulunmuş ve test için hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0 : İki sıralama arasında anlamlı bir korelasyon yoktur.

H_1 : İki sıralama arasında anlamlı bir korelasyon vardır.

Eşitlik 5.9 kullanılarak Student t dağılımına göre 3.721 bulunmuş olup, t tablosundan buna karşılık gelen olasılık değeri (iki taraflı) $p=0.014<0.05$ olduğu için H_0 hipotezini reddederek istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olduğu söylenebilir.

Şekil 5.32’de Uzman Kişi’nin belirttiği sıralamaya karşılık SBKDS ve Bulanık Çok Kriterli KDS’nin elde ettikleri sıralamalara ait korelasyon dağılım grafiği görülmektedir. Uzman kişi ile Bulanık Çok Kriterli KDS arasında 1 ve 3’üncü adaylar için farklılık varken, SBKDS arasında ise 3, 5, 6 ve 7’nci adaylar için farklılık olduğu görülmektedir.



Şekil 5.32 Uzman ve geliştirilen sistemler için sıra korelasyonu grafiği

5.2.5 Basketbolda Oyuncuların Değerlendirilmesi Probleminin Sonuçları

Ele alınan ikinci karar probleminde, spor bilimlerinde oyuncuların seçilmesi ve değerlendirilmesi için iki yeni model geliştirilmiştir. Birinci model, bulanık ortamda basketbol oyuncularının performanslarının değerlendirmek ve yetenekli olanları seçmek için ÇKKV metodolojilerinin melez kullanılmasını ele almaktadır. Oyuncuların seçilme sürecinde kesin bilgi gerekmektedir fakat bu

süreç genelde eksik, belirsiz ve dilsel değerlerden oluşmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için geliştirilen modelde BAHS ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır. BAHS, karar vericiler tarafından kriter ağırlıklarının ve teknik becerile ait gözlem değerlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında ölçülen fiziksel uygunluk değerleri ise bulanık küme yaklaşımı ile bulanık değerlere dönüştürülmüştür. Bu değerler kullanılarak TOPSIS yöntemi ile son sıralama elde edilmiştir. Çalışmada aynı zamanda nitel ve nicel kriterlerin bulanık kümeler kullanılarak nasıl bir arada kullanılabileceği konusunda çözüm üretilmiştir. Geliştirilen model ilk önce küçük bir aday kümesi üzerinde uygulanmış ve elde edilen sonuçlar daha büyük aday kümeleri üzerinde uygulanabileceğini göstermiştir.

Ayrıca aynı amaç için bir sinirsel-bulanık bir karar destek sistemi de geliştirilmiştir. Bu modelde; karmaşık verinin analizi ve modellenmesinde meydana gelebilecek farklılıklar bulanık mantık kullanılarak azaltılmış ve fiziksel ve gözlem yoluyla elde edilen kriterler bulanık kümelerle modellenmiştir. YSA ise, kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde ve kuralların birleştirilmesi için kullanılmıştır. Bulanık Çok Kriterli KDS ve SBKDS'nin bulduğu sonuçlar uzman kişi ile karşılaştırılmış ve istatistiksel testler gerçekleştirilmiştir. Uzman kişinin verdiği sonuçlar ve geliştirilen Bulanık Çok Kriterli KDS modelinin verdiği sonuçlar arasında anlamlı bir korelasyon olduğu tespit edilmiş ve bu modelin daha uygun olduğu görülmüştür.

Çalışmada kullanılan modeller aynı zamanda futbol ve hentbol gibi diğer spor dallarında da kullanılabilir. Bunun yanında spor akademileri için yapılan yetenek sınavları için de kullanılması düşünülebilir. Uygulamada seçilen özellikler uzmanlar tarafından seçilmiştir. Bu özelliklere ek olarak sisteme başka özellikler eklenebilir veya duruma göre gereksiz görülen özellikler çıkarılabilir. Takım başarısı için yetenekli oyunculara sahip olunması gerekir. Spor bilimlerinde oyuncu seçim sürecinin bilimsel yöntemlerle gerçekleştirilmesi antrenörlerin ve oyuncuların çalışma motivasyonunu yükseltmektedir. Geliştirilen model sayesinde oyuncular, zayıf ve güçlü yönlerini daha iyi görecekler ve bu durum daha güçlü takım oluşturmaya katkıda bulunacaktır. Gelecek çalışmalarda diğer ÇKKV yöntemleri, farklı spor dalları için farklı kriterler kullanarak oyuncu seçim sürecinde denenebilir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada günlük hayatta karşılaşılan karmaşık karar problemlerinin optimal olarak çözülebilmesi için melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştiriminin nasıl yapılacağı incelenmiştir. Belirsiz ve bulanık ortama sahip karmaşık karar problemlerini çözebilmek amacıyla ÇKKV ile yapay zeka tekniklerini bir arada kullanarak melez zeki karar destek sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştirimi için genel bir karar destek tasarım modeli önerilmiştir. Önerilen model insanın düşünce ve muhakeme sistemine en yakın modellemeyi yapan sözcüklerle hesaplama paradigmasına dayanmaktadır. Model, nicel ve nitel kriterlerin her ikisini de kullanabilmektedir. Nicel kriterler için bulanık üyelik fonksiyonları tanımlanırken, dilsel kriterler için ise bulanık dilsel ölçeklendirme geliştirilmiştir. Çalışmada aynı zamanda nitel ve nicel kriterlerin bulanık kümeler kullanılarak nasıl bir arada değerlendirilebileceği konusunda çözüm üretilmiştir.

Deneyisel çalışmalar iki farklı karmaşık karar problemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Birinci problem “İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Seçimi Problemi”, ikinci problem ise “Basketbolda Oyuncuların Değerlendirilmesi ve Seçilmesi”dir. Bu karar problemlerinin çözümüne yönelik melez zeki karar destek sistemlerinin mimarisinin tasarlanması ve geliştirilmesi daha sonra uygulanması gerçekleştirilmiştir.

Ele alınan birinci problemde bulanık ortamda işletim sistemlerinin teknik özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmesi ve seçilmesi üzerinde durulmuştur. Problem dilsel değerlerle ifade edilen kriterlerden oluşmaktadır. Geliştirilen model BAHS ve TOPSIS yöntemlerini web tabanlı karar destek sisteminde kullanmaktadır. BAHS ana ve alt kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve her bir işletim sisteminin dilsel değerlerle kullanıcı tarafından değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Değerlendirme süreci kesin olmayan bilgiler ve sübjektif yargılar içermektedir. Bundan dolayı BAHS bulanık dilsel değerler kullanarak gerçekçi bir değerlendirme sağlamıştır. Son olarak genel sıralama hem BAHS hem de TOPSIS yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. TOPSIS ile elde edilen sıralama BAHS ile elde edilenden daha açık ve kesindir. Buradan TOPSIS’in alternatifleri sıralamada daha uygun olduğu görülmüştür. Daha sonra ek olarak sistemde yer alan çok sayıda BAHS hesaplamaları için paralel hesaplama yöntemi geliştirilerek sistemin daha hızlı çalışması sağlanmış, verim ve başarıyı arttırılmıştır. Çok sayıda kriter ve alternatif içeren karar problemlerinde paralel hesaplama kullanılarak daha etkin bir çözüm elde edilebileceği görülmüştür. Kullanılan web tabanlı karar destek

sistemi, karar vericiler için kullanımı ve erişimi kolay ve diğerlerine göre daha rahat ve konforlu bir karar verme ortamı sunmaktadır. Sistem, ayrıca kurulum gerektirmez ve online karar destek sağlamaktadır.

ÇKKV, karar vericilere amaçlarını, önceliklerini sistematik olarak tanımlayabilmesi ve bu amaçlara ulaşabilmek için alternatifler geliştirmesi için yardımcı olan bir metodolojidir. Karar destek sisteminin etkisi ise bir karar ele alındığında ortaya çıkmaktadır ve değerlendirilecek alternatiflerin sayısının artması ile karakterize edilmektedir. Bu bağlamda, yapılan araştırmalardan web-tabanlı sistemin önemliliği ortaya çıkmaktadır. Web teknolojisi kullanılması ile alternatif tercihleri ve değerlendirilmesi uniform olarak yapılmakta ve benzer alternatiflerin de her zaman aynı yolla değerlendirilmesi garanti altına alınmaktadır. Ek olarak her karar vericinin aynı web tabanlı sistemi ve kuralları kullanması ile süreç yönetimi de daha uniform ve standart hale gelmektedir. Çalışmada geliştirilen web-tabanlı KDS, ÇKKV yöntemlerinin geniş bir erişilebilirlik ve kullanılabilirlik ile uygulandığı bir platformdur ve şu konularda karar vericiye yardımcı olmaktadır:

- Tasarım aşamasında tanımlanan karar amaçlarına yönelik değerlendirme yapması,
- Amaçlar ve alternatifler arasındaki hiyerarşi ve etkileşimi kullanarak karar probleminin biçimlendirilmesi,
- Hedeflenen amacın göreceli önemliliğini değer yargıları kullanarak belirlenmesi,
- Her bir alternatifin genel önemliliğini elde etmek için değer yargılarının sentezlenmesi.

Web tabanlı KDS, bireysel KDS yanı sıra yüksek dereceli birlikte çalışabilme (farklı platformlarda çalışabilme yeteneği) ve paylaşılabirlik (karar modellerine, bilgiye ve karar analizi teknolojilerine erişim ve paylaşım) özelliği olan grup karar vermeyi de desteklemektedir. Ayrıca WWW teknolojisinin avantajlarını kullanan web tabanlı KDS’de, karar analiz araçları herhangi bir ek yazılım kurmaya gerek kalmadan kullanılırken kullanıcı donanım ve yazılımı ortamında minimum düzeyde kaynak gereksinimine ihtiyaç duyar ve kullanır. Kullanılan online web araçları kullanıcılara karar yargılarını gerçekleştirmede kullanıcıya yardımcı

olmakta ve karar verme kalitesini artırmaktadır. Ek olarak web tabanlı KDS, tek bir konumda bulunmakta ve geliştirici değişimleri kolayca dağıtabilmekte, kullanıcı erişimini kontrol edebilmekte ve dosya versiyonlarını düzenleyebilmektedir. Böylelikle tüm kullanıcılar yazılımın son versiyonunu kullanabilmektedir. Son olarak web tabanlı KDS, geniş bir kullanılabilirlik, global erişim, verimli bakım ve sürdürme ve WWW bütünleştirmesi ile etkili bir karar analizi sağlamaktadır.

Ele alınan ikinci problemde ise spor bilimlerinde oyuncuların seçilmesi ve değerlendirilmesi için iki yeni model geliştirilmiştir. Birinci model, bulanık ortamda basketbol oyuncularının performanslarının değerlendirmek ve yetenekli olanları seçmek için ÇKKV metodolojilerinin melez kullanılmasını ele almaktadır. Spor bilimlerinde oyuncu değerlendirilmesi ve seçimi problemi için ilk defa bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak bir karar destek modeli geliştirilmiştir. Oyuncuların seçilme sürecinde kesin bilgi gerekmektedir fakat bu süreç genelde eksik, belirsiz ve dilsel değerlerden oluşmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için geliştirilen ilk modelde BAHS ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır. BAHS, karar vericiler tarafından kriter ağırlıklarının ve teknik becerilere ait gözlem değerlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında ölçülen fiziksel uygunluk değerleri ise bulanık küme yaklaşımı ile bulanık değerlere dönüştürülmüştür. Bu değerler kullanılarak TOPSIS yöntemi ile son sıralama elde edilmiştir. Çalışmada aynı zamanda nitel ve nicel kriterlerin bulanık kümeler kullanılarak nasıl bir arada kullanılabileceği konusunda çözüm üretilmiştir. Geliştirilen model birden fazla karar vericinin olduğu durumlarda grup karar vermeyi de desteklemektedir. Model ilk önce küçük bir aday kümesi üzerinde uygulanmış ve elde edilen sonuçlar daha büyük aday kümeleri üzerinde uygulanabileceğini göstermiştir.

Ayrıca aynı amaç için sinirsel-bulanık bir karar destek sistemi de geliştirilmiştir. Bulanık kümeler ve yapay sinir ağı yöntemlerinin herhangi bir amaca yönelik olarak, bir arada kullanımı birçok uygulamada mevcuttur. Bu iki temel konunun, sahip oldukları birbirini tamamlayıcı özellikler, oldukça geniş bir alanı kapsayan uygulamaları ortaya çıkarmıştır. Çalışmada, yapay sinir ağları ve bulanık mantık kombinasyonu ile melez bir eşzamanlı Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi geliştirilmiştir. Burada fiziksel olarak ölçülebilen ve gözlem yoluyla elde edilen kriterlerin iki bağımsız parça şeklinde değerlendirilmesi ve sonra bulanık çıkarım sistemi ile kurallara göre birleştirilmesi yapılmıştır. Karmaşık verinin analizi ve modellenmesinde meydana gelebilecek farklılıklar

bulanık mantık kullanılarak azaltılmış ve fiziksel ve gözlem yoluyla elde edilen kriterler bulanık kümelerle modellenmiştir. YSA ise, kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde ve kuralların birleştirilmesi için kullanılmıştır. Bulanık Çok Kriterli KDS ve SBKDS'nin bulduğu sonuçlar uzman kişi ile karşılaştırılmış ve istatistiksel testler gerçekleştirilmiştir. Buna göre geliştirilen Bulanık Çok Kriterli KDS modelinin daha uygun olduğu görülmüştür. Model aynı zamanda seçme ve karar verme sürecinin daha gerçekçi ve güvenilir olmasını sağlamıştır.

Geliştirilen karar modellerinde kullanılan bulanık mantık ve ÇKKV yöntemlerinin avantajı hem nicel hem de nitel kriterleri bir arada değerlendirmeye olanak sağlamasıdır. Ele alınan problemler için geliştirilen modellerin belirsiz bilgiyi işleyebilmesi gerekir çünkü bu problemlerin temel karakteristiği bulanıklık ve belirsizliktir. Uzman ve karar vericiler kesin değerler yerine kesin olmayan kullanırlar ve bu yüzden nitel tercihlerin tahmin yoluyla nicel değerlere dönüştürülmesi akla yatkın değildir. Bu durumda BAHS uzman tercihlerinin ifade edilmesinde daha esnek ve yeteneklidir. Kriter ağırlıklarının kullanılması ile önemli kriterlerin öne çıkması ve sonucun daha hassas olmasını sağlar. BAHS, karar vericinin sübjektif yargılarını dikkate alarak gerçeğe en yakın şekilde ifade eder ve karar sürecindeki belirsizliği en aza indirir. TOPSIS ise akla yatkın ve anlaşılır bir sıralama yöntemidir. Hesaplama işlemleri kolaydır ve tüm kriterlere göre en iyi alternatif arayışı basit bir matematiksel formda ifade edilir. Literatür ve çalışmada gerçekleştirilen durum çalışmalarına göre, çok sayıda alternatif ve kriter olması durumunda çok sayıda ikili karşılaştırma yapılacağından önerilen karar destek modelinde kullanılan AHS-BAHS karar verici açısından uygulaması zor ve kullanışsız hale gelmektedir. Ayrıca bazı karar problemlerinde bazı kriterler hem nitel hem de nicel olarak ele alınabildiği için bu kriterleri optimal bir şekilde kesin olarak nitel ve nicel diye sınıflandırmak mümkün olmayabilir. Bu durum, sağlıklı sonuçlar elde edilmesini zorlaştırabilir. Sıralama işleminde ise, alternatifleri sadece sıralama derecesine göre değerlendirmek birbirlerine yakın değerlere sahip alternatifler arasında farklı sübjektif değerlendirmelere göre sıralamayı değiştireceğinden doğru alternatifi bulmamızı engelleyebilir. Bu yüzden alternatiflerin sadece sıra değerlerine göre değil aynı zamanda toplam performans değerlerini de dikkate alarak değerlendirmek daha etkili ve verimli karar vermeyi sağlayacaktır.

Ele alınan karar problemleri için literatür, durum çalışmaları ve olanaklar temel alınarak belli prensipler açık bir şekilde formüle edilmiş ve özel karar

verme modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin kullanımı basit ve veri toplama kolaydır. Karar problemlerinin çözümü için gerekli olan kolaylık sağlanmış, kullanılabilirliği onaylanmış ve sonuçların tutarlı olduğu gözlemlenmiştir. Yani iyi kalitede karar verme sağlanmıştır ve modellerin karar verme aracı olarak uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca dilsel değer tabanlı çok kriterli karar verme yöntemi sistemi basitleştirmiştir. Kullanıcılar tercih ve tecrübe ve düşünce ve yargılarını dilsel terimlerle ifade edebilmektedirler. Bulanık kümeler kullanarak karar modelinin tam olmayan, eksik ve belirsiz bilgiye de tolerans göstermesi ve sistemin kolay kullanılabilir olması sağlanmıştır. Geliştirilen modeller endüstride kalite kontrol, ürün kontrolü, malzeme seçimi gibi uzmanlık bilgisi gerektiren alanlarda ve benzer özellikteki karar problemlerine önerilen işlem adımları kullanılarak rahatlıkla uygulanabilir. Önerilen karar destek modeli farklı veya kendine has özelliği olan karar problemlerinin ihtiyaçlarına göre daha fazla genişletilebilir. Bundan sonraki çalışmalarda web tabanlı grup karar verme, diğer ÇKKV yöntemleri ve yapay zeka tekniklerinin melez kullanımları araştırılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abo-Sinna M.A and Amer A.H.**, 2005, Extensions of TOPSIS for multi-objective large-scale nonlinear programming problems, *Applied Mathematics and Computation*, 162:243-256.
- Abraham, A. and Nath, B.**, 2000, “Hybrid Intelligent Systems Design -- A Review of a Decade of Research”, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.18.469&rep=rep1&type=pdf> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- Aiello, G., Enea, M. and Galante, G.**, 2006, A multi-objective approach to facility layout problem by genetic search algorithm and Electre method, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22(5-6): 447-455.
- Albadvi A., Chaharsooghi, S. K. and Esfahanipou A.**, 2007, Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE, *European Journal of Operational Research*, 177(2): 673-683.
- Allahverdi, N.**, 2002, *Uzman Sistemler, Bir Yapay Zeka Uygulaması*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 248s.
- Amdahl, G.M.**, 1967, Validity of single-processor approach to achieving large-scale computing capability, In *Proceedings of AFIPS Spring Joint Computer Conference*, Atlantic City, New Jersey, pp. 483-485.
- Ammar, E.E.**, 2005, On computational solution of vector maximum problem, *Applied Mathematics and Computation*, 167(1): 167-178.
- Araz, C., Ozfirat, P.M., Ozkarahan, I.**, 2007, An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management, *Computers & Operations Research*, 34(12): 3738-3756.
- Babayiğit, G.**, 2000, 25-32 Yaşları Arası Bayanlarda 8 Haftalık Step Çalışmalarının Bazı Fizyolojik ve Antropometrik Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 163s.
- Bağırkan, Ş.**, 1983, *Karar Verme*, Der Yayınevi, İstanbul, 170s.
- Ballı, S.**, 2005, Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 116s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ballı, S.**, 2006, Developing Computer Aided Model For Selecting Players in Basketball, In Proceedings of the Ninth International Sports Sciences Congress, Mugla, Turkey, pp. 588-590.
- Ballı, S., Güler, N. and Yakar, N.**, 2006, A Prediction of Unemployment Rates By Using Artificial Neural Networks via People's Educational Background, In Proceedings of the International Conference on Modelling and Simulation (AMSE-2006), Konya, Turkey, pp. 947-951.
- Ballı, S., Karasulu, B. ve Korukoğlu, S.**, 2007, En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık PROMETHEE Yöntemi Uygulaması, *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 22(1): 139-147.
- Ballı S. and Korukoğlu, S.**, 2009, Operating System Selection Using Fuzzy AHP and TOPSIS Methods, *Mathematical and Computational Applications*, 14(2): 119-130.
- Ballı, S., Karasulu, B., Uğur, A. ve Korukoğlu, S.**, 2009a, Basketbolda Oyuncu Seçimi İçin Sinirsel Bulanık Karar Destek Sistemi, *İTÜ Dergisi Mühendislik Serisi*, 8(1): 15-25.
- Ballı, S., Uğur, A. ve Korukoğlu, S.**, 2009b, İnsan Kaynakları Yönetiminde Performans Değerlendirme İçin Bir Bulanık Uzman Sistem Gerçekleştirimi, *Ege Akademik Bakış*, 9(2): 837-849.
- Bartlett, R.**, 2006, Artificial intelligence in sports biomechanics: New dawn or false hope?, *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(4): 474-479.
- Baykal, N. ve Beyan, T.**, 2004a, Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 413s.
- Baykal, N. ve Beyan, T.**, 2004b, Bulanık Mantık, Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 509s.
- Bellman, R.E. and Zadeh, L.A.**, 1970, Decision-making in a fuzzy environment, *Management Science*, 17(4): 141-164.
- Benayoun, R., Roy, B. and Sussman, N.**, 1966, Manual de reference du programme electre, *Note De Synthèse et Formaton*, No. 25, Direction Scientifique SEMA, Paris, France.
- Bencina, J.**, 2007, Web-based decision support system for the public sector comprising linguistic variables, *Informatica*, 31: 311-323.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Benitez, J.M., Martin, J.C. and Roman, C.,** 2007, Using fuzzy number for measuring quality of service in the hotel industry, *Tourism Management*, 28(2): 544-555.
- Berners-Lee, T., Cailliau, R., Luotonen, A., Nielsen, H.F. and Secret, A.,** 1994, The World Wide Web, *Communications of the ACM*, 37(8): 76-82.
- Berrittella, M., Franca, L.L. and Zito, P.,** 2009, An analytic hierarchy process for ranking operating costs of low cost and full service airlines, *Journal of Air Transport Management*, 15(5): 249-255
- Bellman R.E. and Zadeh L.A.,** 1970, Decision making in a fuzzy environment, *Management Science*, 17(4): 141-164.
- Bhandari, I., Colet, E., Parker, J., Pines, Z., Pratap, R. and Ramanujam, K.,** 1997, Advanced scout: Data mining and knowledge discovery in NBA data, *Data Mining and Knowledge Discovery*, 1:121-125.
- Bharati, P. and Chaudhury, A.,** 2004, An empirical investigation of decision-making satisfaction in web-based decision support systems, *Decision Support Systems*, 37(2): 187-197.
- Bhargava, H.K., King, A.S. and McQuay, D.S.,** 1995a, DecisionNet: An architecture for modeling and decision support over the World Wide Web, In Proceedings of 3rd International Conference on DSS, Hong Kong, pp. 541-550.
- Bhargava, H.K., Krishnan, R. and Kaplan, D.,** 1995b, On generalized access to a WWW-based network of decision support services, In Proceedings of 3rd International Conference on DSS, Hong Kong, pp. 551-560.
- Bhargava, H.K., Krishnan, R. and Müller, R.,** 1997, Electronic commerce in decision technologies: a business cycle analysis, *International Journal of Electronic Commerce*, 1: 109-127.
- Bhargava, H.K., Power, D.J. and Sun, D.,** 2007, Progress in Web-based decision support Technologies, *Decision Support Systems*, 43(4): 1083-1095.
- Bonczek, R.H., Holsapple, C.W. and Whinston, A.B.** 1981, Foundations of Decision Support Systems, Academic Press, New York, 393p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bottani, E., Rizzi, A.,** 2006, A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services, *Supply Chain Management*, 11(4): 294-308.
- Brans, J.P., Vincke, P. and Mareschal, B.,** 1986, How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method, *European Journal of Operational Research*, 24: 228-238.
- Buckles, B.P. and Petry, F.E.,** 1994, Genetic Algorithms, IEEE Computer Press, Los Alamitos, 109p.
- Buckley, J.J.,** 1985, Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 17: 233-247.
- Bui, T.X.,** 1997, Decision support in the future tense, *Decision Support Systems*, 19(3): 149-150.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O. and Nebol, E.,** 2008, Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain, *International Journal of Production Economics*, 13(1): 148-158.
- Cakir, O. and Canbolat, M.S.,** 2008, A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology, *Expert Systems with Applications*, 35(3): 1367-1378.
- Celikyilmaz, A. and Turksen, I.B.,** 2009, Modeling Uncertainty with Fuzzy Logic with Recent Theory and Applications. Springer-Verlag, Berlin, 400p.
- Çetinyokuş, T. ve Gökçen, H.,** 2002. Borsada Göstergelerle Teknik Analiz İçin Bir Karar Destek Sistemi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(1): 43-58.
- Chang, D.Y.,** 1992, Extent Analysis and Synthetic Decision, *Optimization Techniques and Applications*, 1: 352-355.
- Chang, D.Y.,** 1996, Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 95: 649-655.
- Chen, C-T.,** 2000, Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114:1-9.
- Chen C-T., Lin C-T. and Huang S-F.,** 2006, A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics*, 102:289-301.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chen, G. and Pham, T.T.**, 2001, Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic and fuzzy control systems, CRC Pres, New York, 328p.
- Chen, M.F. and Tzeng, G.H.**, 2004, Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country, *Mathematical and Computer Modelling*, 40(13): 1473-1490.
- Chen, M., Liou, Y., Wang, C-W., Fan, Y-W. And Chi, Y-P.J.**, 2007, TeamSpirit: design, implementation, and evaluation of a Web-based group Decision Support System, *Decision Support Systems*, 43(4): 1186-1202.
- Chu, T-C.**, 2002, Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20:859-864.
- Chu T-C., Lin Y-C.**, 2003, A fuzzy TOPSIS method for robot selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21:284-290.
- Codd, E.F.**, 1970, A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, *Communications of the ACM*, 13(6): 377-387.
- Condon, E.M., Golden B.L. and Wasil E.A.**, 1999, Predicting the success of nations at the summer Olympics using neural networks, *Computers and Operations Research*, 26(13): 1243-1265.
- Cooper, W.W., Ruiz, J.L. and Sirvent, I.**, 2009, Selecting non-zero weights to evaluate effectiveness of basketball players with DEA, *European Journal of Operational Research*, 195(2): 563-574.
- Dağdeviren, M., Yavuz, S. and Kılınç, N.** 2009, Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 36(4): 8143-8151.
- Delen, D., Sharda, R. and Kumar, P.**, 2007, Movie forecast guru: a Web-based DSS for Hollywood managers, *Decision Support Systems*, 43(4): 1151-1170.
- Deng, H.**, 1999, Multicriteria analysis with fuzzy pair-wise comparison, *International Journal of Approximate Reasoning*, 21: 215-231.
- Dežman, B., Trninić, S. and Dizdar, D.**, 2001, Models of expert system and decision-making systems for efficient assessment of potential and actual quality of basketball players, *Kinesiology*, 33(2), 207-215.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dolan, J.G.**, 2008, Shared decision-making - transferring research into practice: The Analytic Hierarchy Process (AHP), *Patient Education and Counseling*, 73(3): 418-425.
- Dong, J., Du, H.S., Wang, S., Chen, K. and Deng, X.**, 2004, A framework of Web-based decision support systems for portfolio selection with OLAP and PVM, *Decision Support Systems*, 3: 367-376.
- Dweiri, F.T. and Kablan, M.M.**, 2006, Using fuzzy decision making for the evaluation of the project management internal efficiency, *Decision Support Systems*, 42(2): 712-726.
- Dyer, J.S.**, 1990, Remarks on the analytic hierarchy process, *Management Science*, 36: 249-258.
- Elmas, Ç.**, 2003, Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Seçkin Yayıncılık, Ankara, 192s.
- Elmas, Ç.**, 2007, Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 425s.
- El-Rewini H. and Abd-El-Barr M.**, 2005, Advanced Computer Architecture and Parallel Processing, Wiley-Interscience, U.S.A., 288p.
- Ertuğrul, İ. and Karakaşoğlu, N.**, 2007, Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(7-8): 783-795.
- Ertuğrul, İ. and Karakaşoğlu, N.**, 2009, Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods, *Expert Systems with Applications*, 36(1): 702-715.
- Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M.**, 2004, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer Verlag, U.S.A., 1045p.
- Fisher, R.A.**, 1925, Applications of Student's distribution, *Metron*, 5: 90-104.
- Flitman, A.M.**, 2006, Towards probabilistic footy tipping: A hybrid approach utilizing genetically defined neural networks and linear programming, *Computers and Operations Research*, 33(7): 2003-2022.
- Forman, E. and Gass, S.**, 2001, The Analytic Hierarchy Process - An Exposition, *Operations Research*, 49(4): 469-486.
- French, L.**, 1991, How to Play Basketball, Jarrold Publishing, Italy, 48p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fry, M.J., Lundberg, A.W. and Ohlmann, J.W.**, 2007, A Player Selection Heuristic for a Sports League Draft, *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 3(2), Article 5, doi: 10.2202/1559-0410.1050.
- GNU C**, 2009, “C Programlama dili derleyicisi”, <http://gcc.gnu.org> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- Goldberg, D.E.**, 1989, Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. Addison-Wesley, U.S.A., 432p.
- Golden, B.L., Wasil, E.A. and Harker, P.T.**, 1989, The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies, Springer-Verlag, Berlin, 265p.
- Gosset, W.S.**, 1908, The probable error of a mean, *Biometrika*, 6(1): 1-25.
- Goul, M., Philippakis, A., Kiang, M., Fernandes, D. and Otondo, B.**, 1995, Towards a client/server open-DSS protocol suite for automating DSS deployment on the World Wide Web, In Proceedings of 3rd International Conference on DSS, Hong Kong, pp. 517-528.
- Grama, A., Karypis, G., Kumar V. and Gupta, A.**, 2003, Introduction to Parallel Computing, Addison Wesley Publishing, New Jersey, 656p.
- Graupe, D.**, 2007, Principles of Artificial Neural Networks. World Scientific, Singapore, 320p.
- Gumus, A.T.**, 2009, Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology, *Expert Systems with Applications*, 36(2-2), 4067- 4074.
- Güntzer, U., Müller, R., Müller, S. and Schimkat, R-D.**, 2007, Retrieval for decision support resources by structured models, *Decision Support Systems*, 43(4): 1117-1132.
- Haykin, S.**, 1999, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall, New Jersey, 842p.
- Hoare, D.G.**, 2000, Predicting success in junior elite basketball players - the contribution of anthropometric and physiological attributes, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3(4): 391-405.
- Holland, J.H.**, 1975, Adaptation in natural and artificial systems. University of Michigan Press, Ann Arbor, U.S.A.,

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Holsapple, C. and Whinston, A.,** 1995, Exploring the next generation of decision support, *Decision Support Systems*, 14(3): 185-186.
- Hopfield, J.J.,** 1982, Neural networks and to physical systems with emergent collective computational abilities, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 79: 2554-2558.
- Hopgood, A.A.,** 2000, Intelligent systems for engineers and scientists, CRC Press, U.S.A. 488p.
- Hu, Y.H. and Hwang, J-N.,** 2001, Handbook of Neural Network Signal Processing. CRC Press, U.S.A., 408p.
- Hwang, C.L. and Yoon, K.,** 1981, Multiple attributes decision making methods and applications, Springer, 259p.
- Hwang, H.S.,** 2004, Web-based multi-attribute analysis model for engineering project evaluation, *Computers & Industrial Engineering*, 46(4): 669-678.
- Hwang, H.S., Ko, W.H. and Goan, M.J.,** 2007, Web-based multi-attribute analysis model for make-or-buy decisions, *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7-8): 1081-1090.
- İç, Y.T. and Yurdakul, M.,** 2009, Development of a decision support system for machining center selection, *Expert Systems with Applications*, 36(2-2), 3505- 3513.
- Isaacs, L.D.,** 1993, Basketball Everyone, Hunter Textbooks Inc., North Carolina, 146p.
- Işıklar, G. and Büyüközkan, G.,** 2007, Using a multi-criteria decision making approach to evaluate mobile phone alternatives, *Computer Standards & Interfaces*, 29(2), 265-274.
- Iyer, B., Shankaranarayanan, G. and Lenard, M.L.,** 2005, Model management decision environment: a Web service prototype for spreadsheet models, *Decision Support Systems*, 40(2): 283-304.
- Iyer, S.R. and Sharda, R.,** 2009, Prediction of athletes performance using neural networks: An application in cricket team selection, *Expert Systems with Applications*, 36(3-1): 5510-5522.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh, L.F and Izadikhah, M.,** 2006, Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data, *Applied Mathematics and Computation*, 181:1544-1551.
- Jain, L.C. and Martin, N.M.,** 1998, Fusion of Neural Networks, Fuzzy Sets, and Genetic Algorithms: Industrial Applications. CRC Press, Boca Raton, U.S.A., 368p.
- Jang, J-S.R., Sun, C-T. and Mizutani, E.,** 1997, Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence. Prentice-Hall, New Jersey, 614p.
- Jürgen, P. and Arnold, B.,** 2003, Application of neural networks to analyze performance in sports, In Proceedings of the 8th Annual Congress of the European College of Sport Science (ECSS-2003), Salzburg, pp.342.
- Kahn, J.,** 2003, “Neural network prediction of NFL football games”, University of Wisconsin – Electrical and Computer Engineering Department, <http://homepages.cae.wisc.edu/~ece539/project/f03/kahn.pdf>, (Erişim tarihi: 1 Ekim 2009).
- Kasap, H., Karagözoğlu, C., Kemertaş, İ.,** 1999, Eğitim ve Spor Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme, Beyaz Yayınları, İstanbul, 135p.
- Kahraman, C.,** 2001, Capital budgeting techniques using discounted fuzzy cash flows, 375-396, *Soft Computing for Risk Evaluation and Management: Applications in Technology, Environment and Finance*, Ruan, D., Kacprzyk, J. and, Fedrizzi, M. (Eds.), Physica-Verlag, Heidelberg, 524p.
- Kahraman, C., Ruan, D. and Tolga, E.,** 2002, Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows, *Information Sciences*, 142(1-4): 57-76.
- Kahraman, C., Cebeci U. and Ulukan, Z.,** 2003, Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, 16(6): 382-394.
- Kahraman, C., Cebeci, U. and Ruan, D.,** 2004, Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, 87: 171-184.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kahraman, C., Ateş, N.Y., Çevik, S. and Gülbay, M.,** 2007, Fuzzy Multi-Attribute Cost-Benefit Analysis of E-Services, *International Journal of Intelligent Systems*, 22, 547-565.
- Kalogirou, S.A.,** 2003, Artificial intelligence for the modeling and control of combustion processes: a review, *Progress in Energy and Combustion Science*, 29(6): 515-566.
- Karasulu, B., Ballı, S., Korukoğlu, S. ve Uğur, A.,** 2008, Kutup Dengeleme Problemi İçin Yüksek Başarılı Bir Optimizasyon Tekniği, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(2): 175-183.
- Kendall, M. and Gibbons, J.D.,** 1990, Rank Correlation Methods, Edward Arnold Publishers, London, 272p.
- Keshwani, D.R., Jones, D.D., Meyer, G.E. and Brand, R.M.,** 2008, Rule-based Mamdani-type fuzzy modeling of skin permeability, *Applied Soft Computing*, 8(1): 285-294.
- Klein, R.L. and Methlie, L.B.,** 1995, Knowledge-Based Decision Support Systems, John Wiley & Sons, New York, 527p.
- Klir, G.J. and Yuan, B.,** 1995, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application, Prentice Hall, New Jersey, 574p.
- Knott, G.D.,** 1974, A proposal for certain process management and inter-communication primitives. *SIGOPS Operating Systems Review*, 8(4), 7-44.
- Korukoğlu, S., Ballı, S. ve Korukoğlu, A.,** 2008, Emeklilik Fonlarının Performans Değerlendirmesinde Bulanık Uzman Sistem Kullanımı, *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 23(2): 213-227.
- Kohonen, T.,** 1984, Self-organization and associative memory. Springer-Verlag, Berlin, 256p.
- Kohonen, T.,** 2001, Self-Organizing Maps, Springer-Verlag, Berlin, 501p.
- Krose, B. and Smagt, P.V.D.,** 1996, An Introduction to Neural Networks, The University of Amsterdam Press, Amsterdam.
- Kwon, O.B. and Lee, K.C.,** 2002, MACE: Multi-agents coordination engine to resolve conflicts among functional units in an enterprise, *Expert Systems with Applications*, 23(1): 9-21.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lee, H.L.**, 2005, First Course on Fuzzy Set Theory and Applications, Springer-Verlag, Berlin, 335p.
- Lee, K.C. and Chung, N.**, 2005, A web DSS approach to building an intelligent internet shopping mall by integrating virtual reality and avatar, *Expert Systems with Applications*, 28(2): 333-346.
- Lee, W.B., Lau, H., Liu, Z. and Tam, S.**, 2001, A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design, *Expert Systems*, 18(1): 32-42.
- Leung, L. and Cao, D.**, 2000, On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 124: 102-113.
- Li, M.**, 1999, Fuzzy Multiattribute Decision-Making Models and Methods with Incomplete Preference Information, *Fuzzy Sets and Systems*, 106:113-119.
- Lin, H.Y., Hsu P.Y. and Sheen, G. J.**, 2007, A Fuzzy-Based Decision-Making Procedure for Data Warehouse System Selection, *Expert Systems with Applications*, 32(3): 939-953.
- Lin, M.C., Wang, C.C., Chen, M.S. and Chang, C.A.**, 2008, Using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process, *Computers in Industry*, 59(1): 17-31.
- Lu, J., Zhang, G. and Wu, F.**, 2005, Web-based Multi-Criteria Group Decision Support System with Linguistic Term Processing Function, *IEEE Intelligent Informatics Bulletin*, 5(1): 35-43.
- Machado, R.J. and Rocha, A.F.**, 1992, A hybrid architecture for fuzzy connectionist expert systems, 135-152, *Hybrid architectures for intelligent systems*, Kandel, A. and Langholz, G. (Eds), CRC Press, Boca Raton, 420p.
- Mahdavi, I., Mahdavi-Amiri, N., Heidarzade, A. and Nourifar, R.**, 2008, Designing a model of fuzzy TOPSIS in multiple criteria decision making, *Applied Mathematics and Computation*, 206(2): 607-617.
- Maier, K. D., Wank V. and Bartonietz K.**, 2000, Neural network based models of javelin flight: Prediction of flight distances and optimal release parameters, *Sports Engineering*, 3(1): 57-63.
- McCulloch, W.S. and Pitts, W.A.**, 1943, A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5: 115-133.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- McKusick, M.K. and Neville-Neil, G.V.**, 2004, The Design and Implementation of the FreeBSD Operating System, Addison Wesley, Indianapolis, 720p.
- Medsker, L. R.**, 1995, Hybrid intelligent systems. Springer, New York, 316p.
- Mellit, A. and Kalogirou, S.A.**, 2008, Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: A review, *Progress in Energy and Combustion Science*, 34: 574-632.
- Michalewicz, Z.**, 1992, Genetic algorithms + Data Structures = Evolution Programs. Springer, U.S.A. 387p.
- Microsoft**, 2008, “Web Tarayıcı”, <http://www.microsoft.com/windows/internet-explorer> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- Minsky, M. and Papert, S.**, 1969, Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry, The MIT Press, U.S.A., 268p.
- Morton, M.S.S.**, 1971, Management decision systems; computer-based support for decision making, Harvard University Press, U.S.A., 216p.
- Mozilla**, 2009, “Açık Kaynak Kodlu Web Tarayıcı”, <http://www.firefox.com> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- MPICH2**, 2009, “Yüksek Başarımli ve Taşınabilir Mesaj Geçme Arayüzü”, <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2>, (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- Nannariello, J. and Frike, F.R.**, 2001, Introduction to neural network analysis and its applications to building services engineering, *Building Services Engineering Research and Technology*, 22(1): 58-68.
- Negnevitsky, M.**, 2004, Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems, Addison-Wesley, England, 440p.
- Ngai, E.W.T. and Wat, F.K.T.**, 2005, Fuzzy decision support system for risk analysis in e-commerce development, *Decision Support Systems*, 40(2): 235–255.
- Nguyen, H.T. and Walker, E.A.**, 2000, A first course in fuzzy logic, CRC Press, Florida, 392p.
- Opricovic, S. and Tzeng, G-H.**, 2007, Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, *European Journal of Operational Research*, 178(2): 514-529.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Önüt, S. and Soner, S.,** 2008, Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment, *Waste Management*, 28(9): 1552-1559.
- Özkan, M.M.,** 2003, Bulanık Hedef Programlama, Ekin Kitabevi, Bursa, 288s.
- Öztemel, E.,** 2003, Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 232s.
- Park, C-S. and Han, I.,** 2002, A case-based reasoning with the feature weights derived by analytic hierarchy process for bankruptcy prediction, *Expert Systems with Applications*, 23(3): 255-264
- Papić, V., Rogulj, N. and Pleština, V.,** 2009, Identification of sport talents using a web-oriented expert system with a fuzzy module, *Expert Systems with Applications*, 36(5): 8830-8838.
- Pedrycz W., and Gomide, F.,** 1998, An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design, MIT Press, Cambridge, 465p.
- Poe, V., Klauer, P. and Brobst, S.,** 1998, Building a Data Warehouse for Decision Support, Prentice Hall, New Jersey, 285p.
- Power, D.J.,** 2001, Supporting Decision-Makers: An Expanded Framework, 431-436, *e-Proceedings Informing Science Conference (ISSN 1535-0703)*, Harriger, A. (Eds.), Krakow, Poland.
- Power, D.J.,** 2002, Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers, Greenwood / Praeger, Westport, CT, 225p.
- Power, D.J. and Kaparathi, S.,** 2002, Building Web-based Decision Support Systems, *Studies in Informatics and Control*, 11(4), 291-302.
- Power, D.J.,** 2004, Specifying an Expanded Framework for Classifying and Describing Decision Support Systems, *Communications of the Association for Information Systems*, 13: 158-166.
- Power, D.J.,** 2007, “A Brief History of Decision Support Systems”, <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, (Erişim tarihi: 1 Ekim 2009).
- Radojevic, D. and Petrovic, S.,** 1997, A Fuzzy Approach to Preference Structure in Multicriteria Ranking, *International Transactions in Operational Research*, 4(5-6): 419-430.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rahimi, S., Gandy, L. and Mogharreban, N.,** 2007, A web-based high-performance multicriteria decision support system for medical diagnosis, *International Journal of Intelligent Systems*, 22(10): 1083-1099.
- Ray, J.J.,** 2007, A Web-based spatial Decision Support System optimizes routes for oversize/overweight vehicles in Delaware, *Decision Support Systems*, 43(4): 1171-1185.
- Reeves, C.R. and Rowe, J.E.,** 2002, Genetic algorithms-principles and perspectives, a guide to GA theory. Springer, Berlin, 344p.
- Reynolds, T. and Jolly, J.,** 1980, Measuring Personal Values: An Evaluation of Alternative Methods, *Journal of Marketing Research*, 17: 531-536.
- Robert, F.,** 1995, Neural Fuzzy Systems. Abo Akademi University Press, 1995.
- Rogulj, N., Papić, V. and Pleština, V.,** 2006, Development of the expert system for sport talents detection, *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 9(3): 1752-1755.
- Roubens, M.,** 1997, Fuzzy Sets and Decision Analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 90:199-206.
- Roy, B.,** 1991, The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods, *Theory and Decision*, 31(1): 49-73.
- Roy, B. and Bouyssou, D.,** 1993, Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas, Economica, Paris, 696p.
- Roy, B.,** 1996, Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 292p.
- Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. and The PDP Research Group,** 1986, Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition, MIT Press, U.S.A., 550p.
- Russell, S.J. and Norvig, P.,** 2003, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson Education Inc., New Jersey, 1132p.
- Saaty, T.L.,** 1977, A scaling method for priorities in hierarchial structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234-281.
- Saaty, T.L.,** 1980, The analytic hierarchy process, McGraw-Hill, New York, 287p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Saaty, T.L.**, 1986, Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process, *Management Science*, 32: 841-855.
- Saaty, T.L.**, 1987, Concept, theory, and techniques: Rank generation preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process, *Decision Science*, 18: 157-177.
- Saaty, T.L.**, 1990, How to make a decision: The analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, 48(1): 9-26.
- Saghafian, S., Hejazi, S.R.**, 2005, Multi-criteria group decision making using a modified fuzzy TOPSIS procedure. In Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation (CIMCA 2005), and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (IAWTIC 2005), Vienna, Austria, pp. 215-221.
- Sevim, Y.**, 2002, Basketbol Teknik-Taktik-Antrenman, Nobel Yayınevi, Ankara, 321p.
- Shim, J.P., Warkentin, M., Courtney, J.F., Power, D.J., Sharda, R. and Carlsson, C.**, 2002, Past, present, and future of decision support technology, *Decision Support Systems*, 33(2): 111-126.
- Silberschatz, A., Galvin, P.B. and Gagne, G.**, 2004, Operating System Concepts, John Wiley & Sons, New York, 944p.
- Siler, W. and Buckley, J.J.**, 2004, Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning, Wiley-Interscience, U.S.A., 424p.
- Spearman, C.**, 1904, The proof and measurement of association between two things, *The American Journal of Psychology*, 15: 72-101.
- Sueyoshi, T., Ohnishi, K. and Kinase, Y.**, 1999, A benchmark approach for baseball evaluation, *European Journal of Operational Research*, 115(3): 429-448.
- Summers, A.E., Swartz, T.B. and Lockhart, R.A.**, 2007, Optimal drafting in hockey pools, 263-276, *Statistical thinking in sports*, Albert, J. and Koning, R.H. (Eds), Chapman and Hall/CRC: Boca Raton, 298p.
- Sun Microsystems**, 2008, “Açık Kaynak Kodlu Veri Tabanı Yönetim Sistemi”, <http://www.mysql.com> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sundarraaj, R.P.**, 2004, A Web-based AHP approach to standardize the process of managing service-contracts, *Decision Support Systems*, 37(3): 343-365.
- Şen, Z.**, 2004a, Mühendislikte Bulanık Mantık İle Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 195s.
- Şen, Z.**, 2004b, Genetik Algoritmalar ve En İyi Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 142s.
- Taho, Y., Chen, M.T. and Hung, C.C.**, 2007, Multiple attribute decision-making methods for the dynamic operator allocation problem, *Mathematics and Computers in Simulation*, 73(5): 285-299.
- Tanenbaum, A.S. and Woodhull, A.S.**, 2006, Operating Systems: Design and Implementation, Prentice Hall, New Jersey, 1080p.
- The Apache Software Foundation**, 2002, “Açık Kaynak Kodlu Sunucu Programı”, <http://httpd.apache.org> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- The PHP Group**, 2004, “Php Web Tabanlı Betik Dili”, <http://www.php.net> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- Tolga, A.Ç. and Kahraman, C.**, 2008, Fuzzy Multiattribute Evaluation of R&D Projects Using a Real Options Valuation Model, *International Journal of Intelligent Systems*, 23: 1153-1176.
- Tolga, E., Demircan, M.L. and Kahraman, C.**, 2005, Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process, *International Journal of Production Economics*, 97(1): 89-117.
- Torfi, F., Farahani, R.Z., Rezapour, S.**, 2010, Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives, *Applied Soft Computing*, 10(2): 520-528.
- Triantaphyllou, E. and Lin, C.T.**, 1996, Development and evaluation of five fuzzy multiattribute decision-making methods, *International Journal of Approximate Reasoning*, 14: 281-310.
- Triantaphyllou, E., Shu, B., Sanchez, S.N. and Ray, T.**, 1998, Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach, *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, 15: 175-186.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Triantaphyllou, E.**, 2000, Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 288p.
- Tsakonas, A. and Dounias, G.**, 2002, Hybrid computational intelligence schemes in complex domains: an extended review, 494-511, *Proceedings of the 2nd Hellenic Conference on Artificial Intelligence SETN 2002, Thessaloniki, Greece - Lecture Notes in Artificial Intelligence 2308*, Vlahavas, I.P. and Spyropoulos, C. D. (Eds), Springer Verlag, Berlin, 514p.
- Tsaur, S.H., Chang, T.Y. and Yen, C.H.**, 2002, The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM, *Tourism Management*, 23(2): 107-115.
- Turban, E. and Aronson, J.E.**, 2004, Decision Support Systems and Intelligent Systems, Prentice Hall, New Jersey, 960p.
- Tüysüz, F. and Kahraman, C.**, 2006, Project Risk Evaluation Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process: An Application to Information Technology Projects, *International Journal of Intelligent Systems*, 21: 559-584.
- Vaidya, O.S. and Kumar, S.**, 2006, Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research*, 169(1): 1-29.
- Valente, P. and Mitra, G.**, 2007, The evolution of Web-based optimisation from ASP to e-services, *Decision Support Systems*, 43(4): 1096-1116.
- Van-Laarhoven, P.J.M. and Pedrcyz, W.**, 1983, A fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 229-241.
- VCL for PHP**, 2007, "Açık Kaynak Kodlu Görsel Bileşen Kütüphanesi", <http://vcl4php.sourceforge.net> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- Wang, L.**, 1997, A Course in Fuzzy Systems and Control, Prentice Hall, New Jersey, 448p.
- Wang, Y.J. and Lee, H.S.**, 2007, Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making, *Computers & Mathematics with Applications*, 53(11): 1762-1772.
- Wang, Y.M. and Elhag, T.M.S.**, 2006, Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, *Expert Systems with Applications*, 31: 309-319.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wang T.C. and Chang, T.H.**, 2007, Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 33: 870-880.
- Wilson, R.**, 1995, Ranking college football teams: A neural network approach, *Interfaces*, 25(4): 44-59.
- W3C**, 2009, “Web Standartları”, <http://www.w3.org/standards/> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2010).
- Yang, T. and Hung, C.C.**, 2007, Multiple-attribute decision-making methods for plant layout design problem, *Robotics and Computer-integrated Manufacturing*, 23(1): 126-137.
- Zadeh, L.A.**, 1965, Fuzzy sets, *Information Control*, 8: 338-353.
- Zadeh, L.A.**, 1973, Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics*, SMC-3(1): 28-44.
- Zadeh, L.A.**, 1975, The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I, *Information Sciences*, 8: 199-249.
- Zadeh, L.A.**, 1983, The Role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems, *Fuzzy Sets and Systems*, 11(1-3): 197-198.
- Zadeh, L.A.**, 2008, Is there a need for fuzzy logic?, *Information Sciences*, 178(13): 2751-2779.
- Zahedi, F.**, 1986, The Analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and its Applications, *Interfaces*, 16(4): 96-108.
- Zhang, S. and Goddard, S.**, 2007, A software architecture and framework for Web-based distributed decision systems, *Decision Support Systems*, 43(4): 1133-1150.
- Zhu, X. and Dale, A.P.**, 2001, JavaAHP: a web-based decision analysis tool for natural resource and environmental management, *Environmental Modelling & Software*, 16(3): 251-262.
- Zimmermann, J.-H.**, 1987, Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston, 435p.
- Zimmermann, J.-H.**, 1991, Cognitive Sciences, Decision Technology and Fuzzy Sets, *Information Sciences*, 57/58: 287-295.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zimmermann, J.-H., 1996a, Fuzzy Set Theory and Its Applications, Third Edition, Kluwer Academic Publishers, Boston, 435p.

Zimmermann, J.-H., 1996b, Fuzzy logic on the frontiers of decision analysis and expert systems, In Proceedings of the Biennial Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS-1996), Berkeley, California, pp. 65-69.

EKLER

Ek 1 Karar vericiler için değerlendirme formları

Ek 2 Türkçe - İngilizce Terimler Sözlüğü

Ek 1 Karar vericiler için değerlendirme formları

	Bir ana kriterin diğerine olan önemlilik derecesi								
Ana kriter	Mutlak önemli (9)	Çok önemli (7)	Yeterince önemli (5)	Zayıf önemli (3)	Eşit önemli (1)	Zayıf önemli (3)	Yeterince önemli (5)	Çok önemli (7)	Mutlak önemli (9)
Fiziksel Özellikler									Teknik Beceriler

Şekil A1 Ana kriterleri karşılaştırmak için kullanılan değerlendirme formu

	Bir alt kriterin diğerine olan önemlilik derecesi								
Teknik Beceriler	Mutlak önemli (9)	Çok önemli (7)	Yeterince önemli (5)	Zayıf önemli (3)	Eşit önemli (1)	Zayıf önemli (3)	Yeterince önemli (5)	Çok önemli (7)	Mutlak önemli (9)
Toplu Driller									Top Sürme
Toplu Driller									Pas
Toplu Driller									Şut
Toplu Driller									Ribaunt
Toplu Driller									Maç Gözlemi
Top Sürme									Pas
Top Sürme									Şut
Top Sürme									Ribaunt
Top Sürme									Maç Gözlemi
Pas									Şut
Pas									Ribaunt
Pas									Maç Gözlemi
Şut									Ribaunt
Şut									Maç Gözlemi
Ribaunt									Maç Gözlemi

Şekil A2 Teknik beceriler için alt kriterleri karşılaştırmakta kullanılan değerlendirme formu

	Bir alt kriterin diğerine olan önemlilik derecesi									
Fiziksel Özellikler	Mutlak önemli (9)	Çok önemli (7)	Yeterince önemli (5)	Zayıf önemli (3)	Eşit önemli (1)	Zayıf önemli (3)	Yeterince önemli (5)	Çok önemli (7)	Mutlak önemli (9)	
Dikey sıçrama										Kassal Kuvvet
Dikey sıçrama										Hareket Sürati
Dikey sıçrama										Reaksiyon Zamanı
Dikey sıçrama										Beden Kitle İndeksi
Dikey sıçrama										Vücut Yağ Yüzdesi
Dikey sıçrama										Dayanıklılık
Dikey sıçrama										Anaerobik Güç
Kassal Kuvvet										Hareket Sürati
Kassal Kuvvet										Reaksiyon Zamanı
Kassal Kuvvet										Beden Kitle İndeksi
Kassal Kuvvet										Vücut Yağ Yüzdesi
Kassal Kuvvet										Dayanıklılık
Kassal Kuvvet										Anaerobik Güç
Hareket Sürati										Reaksiyon Zamanı
Hareket Sürati										Beden Kitle İndeksi
Hareket Sürati										Vücut Yağ Yüzdesi
Hareket Sürati										Dayanıklılık
Hareket Sürati										Anaerobik Güç
Reaksiyon Zamanı										Beden Kitle İndeksi
Reaksiyon Zamanı										Vücut Yağ Yüzdesi
Reaksiyon Zamanı										Dayanıklılık
Reaksiyon Zamanı										Anaerobik Güç
Beden Kitle İndeksi										Vücut Yağ Yüzdesi
Beden Kitle İndeksi										Dayanıklılık
Beden Kitle İndeksi										Anaerobik Güç
Vücut Yağ Yüzdesi										Dayanıklılık
Vücut Yağ Yüzdesi										Anaerobik Güç
Dayanıklılık										Anaerobik Güç

Şekil A3 Fiziksel özellikler için alt kriterleri karşılaştırmakta kullanılan değerlendirme formu

	Bir adayın diğerine olan önemlilik derecesi									
Aday oyuncular	Mutlak önemli (9)	Çok önemli (7)	Yeterince önemli (5)	Zayıf önemli (3)	Eşit önemli (1)	Zayıf önemli (3)	Yeterince önemli (5)	Çok önemli (7)	Mutlak önemli (9)	
Aday 1										Aday 2
Aday 1										Aday 3
Aday 1										Aday 4
Aday 1										Aday 5
Aday 1										Aday 6
Aday 1										Aday 7
Aday 2										Aday 3
Aday 2										Aday 4
Aday 2										Aday 5
Aday 2										Aday 6
Aday 2										Aday 7
Aday 3										Aday 4
Aday 3										Aday 5
Aday 3										Aday 6
Aday 3										Aday 7
Aday 4										Aday 5
Aday 4										Aday 6
Aday 4										Aday 7
Aday 5										Aday 6
Aday 5										Aday 7
Aday 6										Aday 7

Şekil A4 Teknik beceriler için aday oyuncularını değerlendirme formu

Ek 2 Türkçe - İngilizce Terimler Sözlüğü

ana bilgisayar	: mainframe
anaerobik güç	: anaerobic power
analitik hiyerarşi süreci	: analytic hierarchy process
akıl yürütme	: reasoning
anlamsal	: semantic
bayes inanç ağları	: bayesian belief networks
beden kitle indeksi	: body mass index
bellek yönetimi	: memory management
bilgi tabanı	: knowledgebase
bulanık küme	: fuzzy set
bulanık mantık	: fuzzy logic
bulanık sayı	: fuzzy number
bulanıklaştırma	: fuzzification
çerçeve	: frame
çıkarım motoru	: inference engine
çıkarsama	: inference
çok amaçlı karar verme	: multi objective decision making
çok kriterli karar verme	: multi criteria decision making

çok nitelikli karar verme	: multi attribute decision making
dağıtık yapı	: distributed structure
dayanıklılık	: endurance
depolama yönetimi	: storage management
dikey sıçrama	: vertical jump
dilsel değişken	: linguistic variable
dönüşümsel melez mimari	: transformational hybrid architecture
durulaştırma	: defuzzification
genetik algoritmalar	: genetic algorithms
geniş alan ağı	: wide area network
güvenlik	: security
hareket sürati	: action rapidity
işletim sistemi	: operating system
kassal kuvvet	: muscle strength
karar verme	: decision making
karar destek sistemi	: decision support system
kaynaşmış melez mimari	: integrated(unified) hybrid architecture
kişisel bilgisayar	: personal computer
koruma	: protection

kullanıcı ara yüzü	: user interface
kural tabanlı sistemler	: rule based systems
maç gözlemi	: match observation
melez sistem	: hybrid system
mesaj geme arayüzü	: message passing interface
optimizasyon	: optimization
paralel hesaplama	: parallel computing
pas	: pass
reaksiyon zamanı	: reaction time
ribaunt	: rebound
semantik ağlar	: semantic networks
sinirsel-bulanık sistem	: neuro-fuzzy system
software	: yazılım
sözdizimsel	: syntactic
süre	: process
süre yönetimi	: process management
şut	: shoot
top sürme	: dribbling
toplu driller	: collective drills

uzman sistem	: expert system
üyelik fonksiyonu	: membership function
veritabanı	: database
vücut yağ yüzdesi	: body fat rate
yalancı kriter	: pseudo criteria
yapay sinir ağı	: artificial neural network
yapay zeka	: artificial intelligence
yerel alan ağı	: local area network
zeki karar destek sistemleri	: intelligent decision support systems
zeki sistem	: intelligent system

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Burdur’da doğan Serkan BALLI, 1997 yılında Muğla Üniversitesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü’nde lisans öğrenimine başlamış ve bu bölümden 2001 yılında birincilikle mezun olmuştur. 2001 yılında Muğla Üniversitesi Rektörlüğü Enformatik bölümüne okutman, 2003 yılında ise Muğla Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri bölümüne araştırma görevlisi olarak atanmıştır. 2002 yılında yüksek lisans öğrenimine başladığı Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden 2005 yılında İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans derecesi ile mezun olmuş ve 2006 yılı içerisinde de Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde doktora öğrenimine başlamıştır. 2006 yılından bugüne kadar da yine aynı enstitüde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Bugüne kadar ki mesleki ilgi alanlarının bulanık mantık, karar destek sistemleri, yapay zeka, esnek hesaplama (soft computing), belirsizlik modelleme, optimizasyon, zeki sistemler ve bilgi sistemleri olarak sıralanabileceği Serkan Ballı’nın ilgili araştırma konularında çeşitli ulusal ve uluslararası dergilerde yayınlanan makaleleri ve ulusal ve uluslararası bilimsel konferanslarda sunulan bildirileri bulunmaktadır.